www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

3e JAARGANG NUMMER 9 SEPTEMBER 1938

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

RADIO-ONTVANGTOESTELLEN MET DRUKKNOP-AFSTEMMING

door A. HOROWITZ en J. A. VAN LAMMEREN. 621.396.62

Na een algemeen overzicht van de verschillende systemen voor drukknop-afstemming (dwz. het reproduceeren van een aantal vooraf ingestelde afstemmingen door middel van drukknoppen) wordt nader ingegaan op een door Philips ontwikkeld systeem. De draaicondensator wordt hierbij door een motor aangedreven. Door het indrukken van een knop wordt de motor ingeschakeld en tevens op een bij de knop behoorende afstemrol een aanslag in stelling gebracht, die een bepaalde eindstand van de draaicondensator vastlegt. Bij herhaald neerdrukken van een knop wordt de bijbehoorende afstemming met een maximale afwijking van 0,5 kper/s gereproduceerd.

In de ontwikkeling van de radio-ontvangtoestellen is een van de meest opvallende kenmerken het streven naar vereenvoudiging van de bediening. Aan de eene kant komt in dit streven tot uitdrukking het feit, dat het radiotoestel allengs van een ietwat geheimzinnig instrument, dat den leek door de erin verwezenlijkte technische prestatie imponeerde, tot een gebruiksvoorwerp geworden is. Aan de andere kant is de vereenvoudiging van de bediening, speciaal van de afstemming, een dringende eisch geworden, omdat de vervorming van de weergave thans zooveel verminderd is, dat het niet juist afstemmen door den luisteraar als vervormingsoorzaak veel meer invloed heeft dan vroeger. Met andere woorden: het is thans voor den luisteraar minder gemakkelijk dan vroeger om zijn toestel zoodanig af te stemmen, dat dit het best mogelijke effect levert. De resonantiekromme der tegenwoordige toestellen verloopt vlak en is niet breeder dan strikt noodig, hetgeen de instelling op een bepaalde golflengte vrij critisch maakt. Tevens kan bij een toestel met automatische versterkingsregeling de luisteraar zich bij het afstemmen minder laten leiden door de geluidssterkte van het ontvangen signaal [1]), doch moet hij letten op de zuiverheid der weergave, die bij de juiste afstemming het grootst is (laagste ruischniveau). Het is duidelijk, dat dit een zekere moeilijkheid meebrengt, en dat dientengevolge een dergelijk toestel, vooral bij afstemming door ongeoefende personen, veelal naast de juiste afstemming zou worden gebruikt. Om dit te voorkomen, zijn in de loop van de tijd verschillende hulpmiddelen toegepast. We noemen hier slechts de optische indicatie, de kunstmatige geluidsterkteverlaging naast de resonantie, en de voelbare afstemming.

Een belangrijke stap verder is het volkomen automatiseeren van de afstemming, dat verwezenlijkt is in de ontvangers met drukknop-bediening. De taak van den luisteraar bij het afstemmen wordt hier teruggebracht tot de spreekwoordelijk eenvoudige druk-op-een-knop. In het algemeen zou de luisteraar het echter minder prettig vinden, indien hij zich moest beperken tot het luisteren naar een aantal door den fabrikant van het toestel gekozen stations. In de vrijheidsbehoefte van den gebruiker kan worden voorzien, door in het toestel naast de drukknop-afstemming de gewone draaiknop-afstemming te handhaven, en er bovendien voor te zorgen, dat de drukknoppen zelf op verschillende stations ingesteld kunnen worden.

Het voordeel van de drukknop-afstemming komt dan hierop neer, dat de gebruiker een aantal vooraf door hemzelf ingestelde afstemmingen, eenvoudig door op de bijbehoorende knoppen te drukken, kan reproduceeren. Vanzelfsprekend moeten aan de nauwkeurigheid van dit reproduceeren hooge eischen worden gesteld, wil het voordeel van het heele stelsel niet illusoir worden.

[1]) Dit is nader uiteengezet in Philips' techn. T. 1, 264, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Verschillende systemen van drukknop-afstemming

De verschillende systemen van drukknop-afstemming kan men samenvatten in twee groepen: de systemen met electrische en die met mechanische vóór-instelling, waarbij onder de laatste de systemen met motoraandrijving weer een speciale groep vormen.

Bij de systemen met electrische vóór-instelling heeft de knop, die de luisteraar moet indrukken, alleen de functie van een schakelaar. Door elke knop worden eenige semi-variabele capaciteiten of zelfinducties ingeschakeld, waardoor het toestel op een bepaalde golflengte is afgestemd. Deze methode heeft het voordeel, dat de drukknop slechts met geringe kracht en over een kleine lengte behoeft te worden ingedrukt. Daartegenover staan verschillende nadeelen: Het instellen der drukknoppen geschiedt door afstemming van de semi-variabele organen met behulp van schroefjes. Dit is nogal omslachtig, en bij de betere ontvangtoestellen met meer dan twee afstemkringen, waar dus voor elk station meer dan twee organen moeten worden ingesteld, voor den gebruiker vrijwel ondoenlijk. Een verdere moeilijkheid van deze systemen is de verandering van de vooraf ingestelde afstemmingselementen door uitwendige invloeden, zooals schokken, variaties in temperatuur, vocht, enz. Om te voorkomen, dat door deze invloeden de drukknoppen telkens weer geheel „ontstemd" worden, schakelt men veelal vaste, voor de betreffende invloeden nagenoeg ongevoelige capaciteiten of zelfinducties bij de semi-variabele elementen. Deze laatsten behoeven dan slechts een kleine capaciteit, resp. zelfinductie te hebben, en kleine semi-variabele elementen zijn veel constanter te maken dan groote; bovendien hebben hun variaties dan percentsgewijze minder invloed. Bij deze methode wordt echter het golflengtebereik, waarover de vóór-afstemming van één drukknop gevariëerd kan worden, beperkt. Zijn de golflengtebereiken van de beschikbare drukknoppen over het geheele golflengtegebied van de omroep verdeeld, dan is de gebruiker verplicht, de bij de drukknoppen te kiezen stations eveneens over dit geheele golflengtegebied te verdeelen [2]).

De systemen met mechanische vóór-afstemming hebben het essentiëele voordeel, dat het electrische gedeelte van het ontvangtoestel geheel ongewijzigd kan blijven. De drukknoppen werken hier door middel van een mechanische overbrenging direct op de afstem-condensator. Elke drukknop brengt deze condensator in een bepaalde, vooraf vastgelegde stand. Gezien de groote hoek, die de platen van een draaicondensator kunnen beschrijven, is het duidelijk, dat hiervoor het toepassen van een betrekkelijk groote drukkracht of het afleggen van een groote weg noodig zal zijn. Tegenover dit nadeel staat, behalve het reeds genoemde voordeel, nog dit: De nauwkeurigheid van het reproduceeren van de instelling wordt geheel door de mechanische constructie bepaald; zij zal minder gevoelig zijn voor uitwendige invloeden [3]). Het probleem van het van te voren instellen van de drukknoppen op de gewenschte stations kan met betrekkelijk eenvoudige constructies worden opgelost. In verband met de reproduceerbaarheid moet nog aan de volgende eischen voldaan zijn: Bij onvoldoende beweging van de knop (tengevolge van onoplettendheid van den luisteraar) moet deze toch de juiste eindstand bereiken, óf heelemaal terugveeren. Voorts mag door de slijtage, waaraan deze zooals elke mechanische inrichting onderhevig is, alleen de instelling (die immers gemakkelijk bijgeregeld kan worden), niet echter de nauwkeurigheid van instellen worden aangetast.

De systemen met motoraandrijving hebben dezelfde voordeelen als de overige systemen met mechanische vóór-instelling, en tevens het bij de systemen met electrische vóór-instelling genoemde voordeel, dat de drukknop (in hoofdzaak) slechts als schakelaar voor het inschakelen van de motor fungeert en dus een lichte druk voldoende is. Het feit, dat de eigenlijke afstembeweging aan een motor is toevertrouwd, maakt het mogelijk om de lengte van de afstembeweging ten bate van de nauwkeurigheid van de instelling op te voeren, zooals wij later nog zullen zien.

Bij de oudste toestellen met drukknop-afstemming, waarbij de nauwkeurigheid van de instelling nog onbevredigend was, werd meestal (en soms ook nu nog) gebruik gemaakt van de zg. automatische frequentie-correctie. Dit is een schakeling, waardoor bij een onnauwkeurige afstemming, die tot gevolg heeft, dat de aan het middenfrequentgedeelte doorgegeven draaggolf niet precies de frequentie van de vast afgestemde middenfrequentkringen bezit, automatisch de oscillator-

[2]) In de V.S. is dit geen bezwaar, omdat de golflengteverdeeling daar zoo getroffen is, dat stations, die aardrijkskundig buren zijn, in de aether een behoorlijk stuk, bijv. minstens 50 kper/s van elkaar verwijderd zijn: de voor één luisteraar in aanmerking komende stations zijn dus vanzelf eenigszins gelijkmatig over het geheele golflengtegebied verdeeld. In Europa is de situatie in dit opzicht anders.

[3]) Natuurlijk blijft altijd, evenals bij de gewone toestellen zonder drukknop-afstemming, de geringe ontstemming over, die veroorzaakt wordt door het warm worden van het toestel tijdens het bedrijf. Men kan deze echter onschadelijk maken door het vóór-afstemmen der drukknoppen uit te voeren terwijl het toestel reeds warm is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

frequentie wordt gewijzigd, zoodat het middenfrequente signaal wèl de juiste frequentie krijgt. Hierbij blijven echter de hoogfrequentkringen eventueel een flink stuk naast de juiste afstemming, zoodat de kans op vervorming en kruismodulatie grooter wordt. De automatische frequentie-correctie brengt bovendien het gebruik van extra lampen mede. In het hierna te beschrijven systeem van drukknop-afstemming is een voldoende nauwkeurigheid bereikt om het toepassen van de automatische frequentie-correctie onnoodig te maken.

Een drukknop-afstemsysteem met motoraandrijving

Het door Philips uitgewerkte systeem, dat we hier willen beschrijven, werkt met een motoraandrijving. De grondgedachte is deze: een drukknop schakelt een motor in en brengt tevens een aanslag in stelling, die een bepaalde eindstand van de draaicondensator vastlegt. De motor drijft de as van de draaicondensator aan en wordt automatisch uitgeschakeld op het oogenblik, dat de aanslag, dus ook de bijbehoorende stand van de draaicondensator, bereikt wordt.

Fig. 1 geeft een schematisch overzicht van het geheele afstem-mechanisme. De motor S drijft via twee frictiewielen A,B en een tandwieloverbrenging C,D een as E aan, waarop een aantal afstemrollen F_1, F_2,... zitten. De beweging van de as E wordt door de tandwielen G, H op de draaicondensator overgebracht in een overbrengingsverhouding 1 : 5. Beweegt de draaicondensator van minimum- tot maximum-capaciteit, d.i. een halve slag, dan maken de afstemrollen dus $2^1/_2$ slag. In *fig. 2* is een afstemrol afzonderlijk gefotografeerd. Op de omtrek van de rol is een spiraalgroef ingesneden van vijf windingen, waarin een pin loopt. Deze pin zit aan het uiteinde van een vrij lange strip T, die aan het andere uiteinde om een horizontale en verticale as draaibaar is gelagerd, zie de foto *fig. 3*. Daardoor kan de pin zoowel gemakkelijk op en neer bewegen alsook de noodige zijdelingsche beweging maken om de spiraalgroef te volgen. Precies in het midden van de rol, dus $2^1/_2$ winding van de linker- en evenveel van de rechterkant verwijderd, is een gaatje geboord, waar de pin in past. Wordt de pin, door middel van een drukknop, tegen de bodem van de groef aangedrukt en draait dan de afstemrol onder hem door, dan zal hij op een bepaald oogenblik in het gaatje terechtkomen en de verdere beweging van de afstemrol, en tevens van de draaicondendator, beletten. De strip, waaraan de pin zit, vangt door zijn eenigszins veerende doorbuiging de

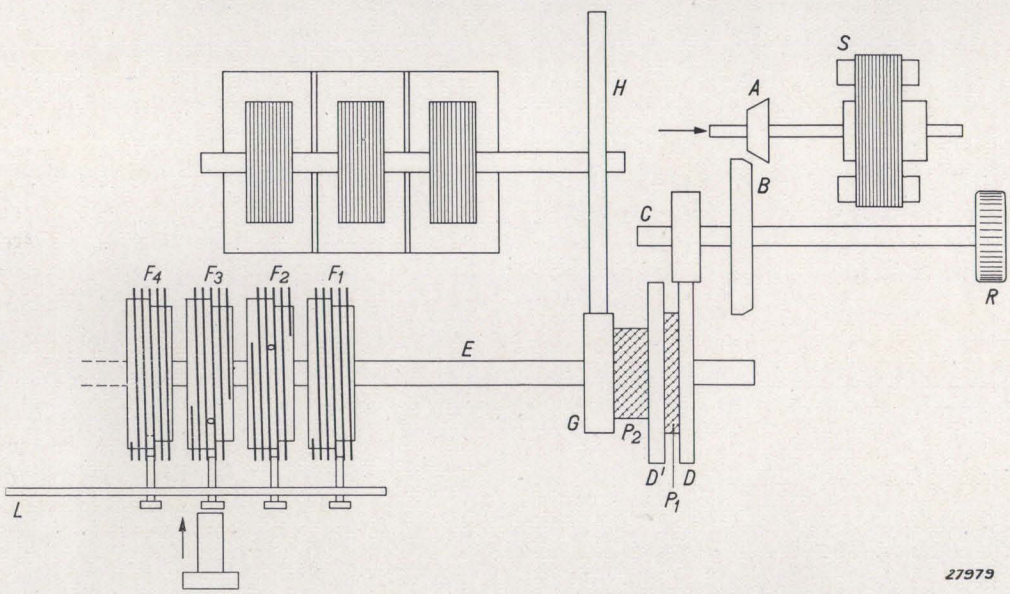


Fig. 1. Schematisch overzicht van het mechanisme van de drukknoppenafstemming met motoraandrijving. S = motor, A - B = frictieaandrijving, C - D en G - H = tandwiel-overbrengingen, F_1, F_2, ... = afstemrollen, P_1 en P_2 = frictiekoppelingen; R = draaiknop voor de hand-afstemming, L = contactbrug.

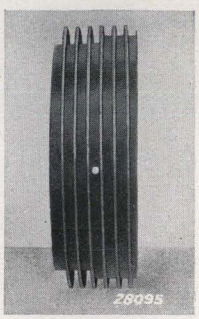


Fig. 2. Foto van een afstemrol. De links liggende windingen van de groef zijn iets dieper ingesneden dan de rechts liggende.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

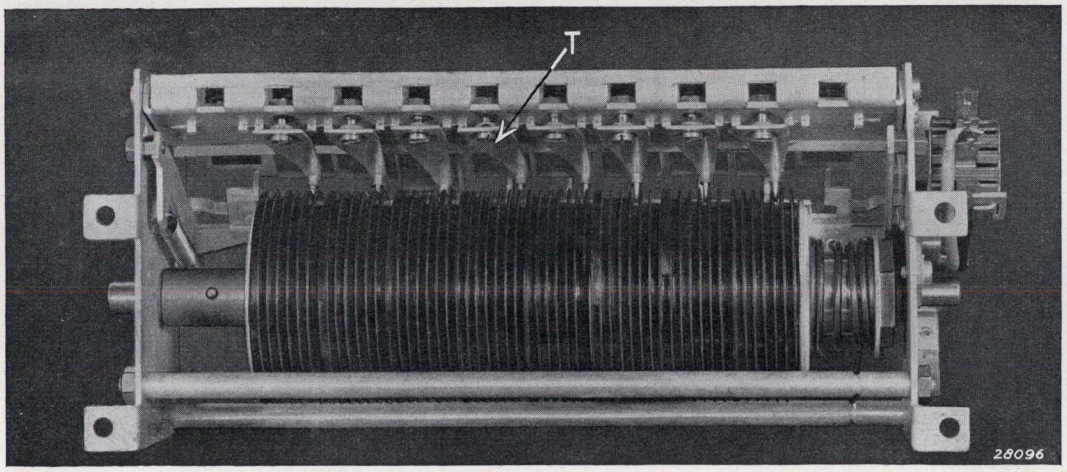


Fig. 3. Foto van het toetsenbord, van de achterzijde genomen. Men ziet de lange strippen *T*, die de pinnen dragen. Rechts de contacten, die voor het in-, resp. omschakelen van de motor zorgen. De derde toets van links is neergedrukt.

levende kracht van het heele mechanisme op (dwz. van de draaicondensator, de afstemrollen en de tandwielen).

In feite wordt de pin niet door de drukknop zelf neergedrukt: dit geschiedt door een veer, waarvan de werking door het indrukken van de knop wordt vrijgegeven. Op deze wijze is bereikt, dat de drukknop direct geheel ingedrukt kan worden en de gebruiker niet zijn vinger op de knop hoeft te houden, totdat de pin in het gat gevallen is. Een eenvoudige vergrendeling (zie *Q* en *n* in *fig. 4*) zorgt er voor, dat de knop in de eindstand vastgehouden wordt, echter terugspringt, zoodra een andere knop wordt ingedrukt.

Bij een willekeurige beginstand van de draaicondensator zal deze voor sommige stations naar rechts, voor andere naar links gedraaid moeten worden. De groef van de afstemrol is nu op twee verschillende diepten ingesneden: de bodem van de linksliggende $2^1/_2$ winding ligt iets lager dan de bodem van de rechtsliggende. Bij het neerdrukken van de pin neemt deze een over alle afstemrollen loopende brug *L* mee, die eenige contacten aan de zijde van het toetsenbord beweegt (zie de foto fig. 3,

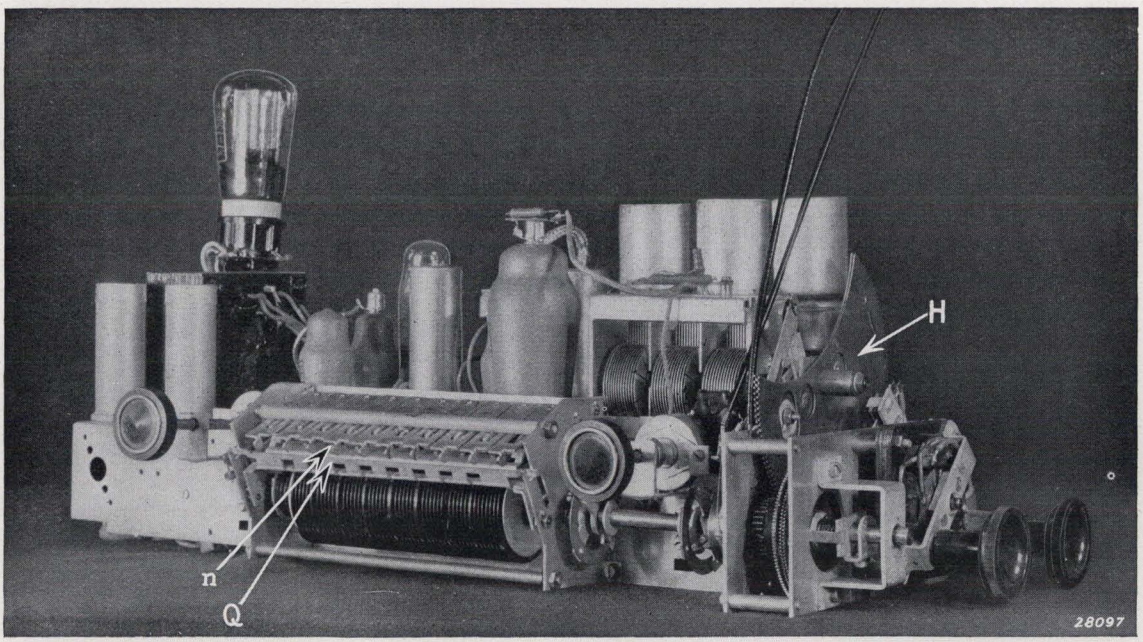


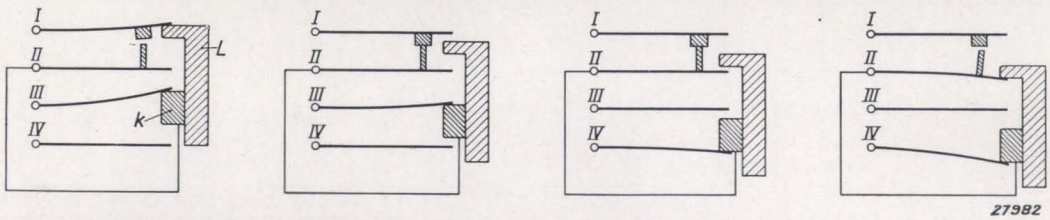
Fig. 4. Foto van de drukknop-afsteminrichting, gemonteerd aan het toestel. In het midden het toetsenbord, rechts de motor en de overbrenging. De vergrendel-inrichting *Q* houdt een neergedrukte toets vast, doordat de „neus" *n* van de toets in de bijbehoorende vierkante opening van de dwarsbalk *Q* valt. Bij het neerdrukken van een andere toets wordt eerst de balk *Q*, tegen een veer in (op fig. 3 links zichtbaar), weggedrukt, waardoor de eerst vastgehouden toets losgelaten wordt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

rechts). Bevindt de pin zich nu links van het gaatje, dan komt hij, en dus ook de contactbrug, bij het neerdrukken iets lager te liggen, dan wanneer hij zich rechts van het gaatje bevindt. In de twee verschillende standen van de contactbrug zijn twee verschillende contacten gesloten, waardoor de motor naar de eene of naar de andere richting gaat draaien. Op deze manier is bereikt, dat de draaicondensator automatisch steeds in die richting gedraaid wordt, waarbij het gaatje in de afstemrol naar de pin toe loopt; hij komt dus langs de kortst mogelijke weg in de bij het nieuw gekozen station behoorende stand.

We willen de omschakeling van de motor nog nader bezien: In *fig. 5* is de groep van contacten *I* tot *IV* afzonderlijk geteekend. Het contactstuk *k*, dat op de reeds genoemde contactbrug *L* zit, is doorverbonden met de contactveer *II*. De contactbrug kan nu vier standen innemen: Is geen der drukknoppen neergedrukt, dan wordt de brug door een zwakke veer omhooggetrokken in stand *a* (fig. 5*a*), waar de contactveeren *I* en *II* geen contact met elkaar maken en derhalve de motor uitgeschakeld is, zie fig. 6*b*. Drukt men nu een drukknop neer, dan wordt, zooals reeds gezegd, door een sterkere veer een pin en daarmee ook de contactbrug naar beneden gedrukt. Rust de pin van de betreffende afstemrol op het hooger gelegen gedeelte van de bodem van de groef, dan heeft de contactbrug de stand *b* (fig. 5*b*). Het contact *I-II* is gesloten, de motor gaat loopen. In deze stand is er contact tusschen de klemmen *II* en *III*, waaraan een bepaalde draai-richting van de motor beantwoordt. Rust de pin op het lager gelegen gedeelte van de groefbodem, dan heeft de brug de stand *c* (fig. 5*c*), waarbij *I* en *II* nog contact maken, echter klem *II* met klem *IV* verbonden is, waardoor de motor in de tegenovergestelde richting draait. Zoodra de pin in het gaatje van de afstemrol valt, zakt de contactbrug nog iets lager, in stand *d* (fig. 5*d*). Hierbij wordt het contact *I-II* weer geopend, de motor wordt dus uitgeschakeld en het toestel is op het gewenschte station afgestemd.

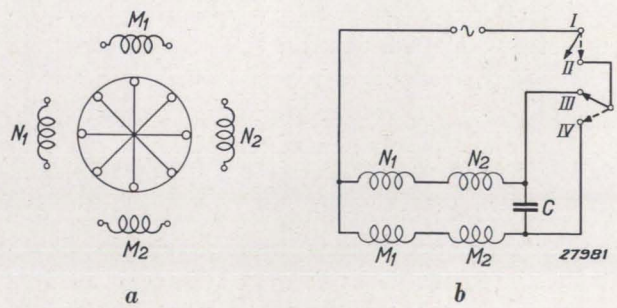


a *b* *c* *d*

Fig. 5*a* - *d*. Stand van de contacten *I* - *IV* bij de vier verschillende standen van de contactbrug *L*.

In *fig. 6a* is de motor schematisch geteekend. Een kooianker bevindt zich tusschen vier polen. De wikkelingen M_1 en M_2, en evenzoo N_1 en N_2, zijn in serie geschakeld. Fig. 6*b* geeft het schema van de schakeling. Zijn de contacten *I-II-III* doorverbonden (stand *b* van de contactbrug *L*, fig. 5*b*), dan heeft de condensator *C* tot gevolg, dat de stroom in het spoelpaar N_1-N_2 in phase achterloopt ten opzichte van de stroom in het spoelpaar M_1-M_2. Tengevolge van de phaseverschuiving der twee loodrecht op elkaar staande velden leveren deze tezamen een draaiveld op en ontstaat er een koppel op het kooianker. Zijn echter de contacten *I-II-IV* doorverbonden (stand *c* van de contactbrug, fig. 5*c*), dan loopt de stroom in het spoelpaar N_1-N_2 vóór ten opzichte van die in M_1-M_2, het veld (en dus ook het kooianker) draait nu in tegenovergestelde richting.

Bij het inschakelen van de motor wordt het kooianker, dat tengevolge van de werking van een veer iets buiten de hartlijn van de polen staat, in het magnetisch veld getrokken en dus tegen de veer in axiaal verschoven. Daardoor treedt de frictieaandrijving *A*, *B* (fig. 1) in werking [4]). Op het oogenblik, dat de motor uitgeschakeld wordt, springt de as van het kooianker weer terug, en de motor kan vrij



a *b*

Fig. 6*a*. Schema van de motor. Een kooianker draait in het veld van vier wikkelingen M_1, M_2, N_1, N_2.
Fig. 6*b*. Schakeling van de motor. *C* is een condensator, die de noodige phaseverschuiving van de stroomen in de spoelparen M_1-M_2 en N_1-N_2 teweegbrengt.

[4]) Terloops zij opgemerkt, dat bij deze verschuiving van de anker-as tevens een contact gesloten wordt, dat een condensator parallel aan de luidspreker schakelt. Tijdens het afstemmen hoort men dus practisch geen geluid.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

uitloopen. De betrekkelijk groote levende kracht van de motor kan dus geen schadelijke werking op het precisie-mechanisme van de afstemming uitoefenen.

De as van het tandwiel C in fig. 1 kan door middel van een draaiknop R met de hand aangedreven worden. Op deze wijze vindt de gewone continu-afstemming plaats. Gezien de groote overbrengingsverhouding der tandwielen C, D en G, H zou de gebruiker echter een heele poos moeten draaien om de condensator van de ééne eindstand naar de andere te brengen. Om hem dit te vergemakkelijken, zijn op het toetsenbord, rechts en links naast de stationsknoppen, nog twee toetsen aangebracht, die bij het neerdrukken alleen de motor, naar de ééne of de andere richting, in gang zetten. Op deze wijze kan de luisteraar de schaalwijzer in de buurt van het gewenschte station brengen en dan met de afstemknop nauwkeurig instellen.

Gaat men van drukknop- tot hand-afstemming over, dan dient men eerst de laatst-ingedrukte drukknop terug te laten springen, hetgeen kan geschieden door op één der beide zoojuist vermelde looptoetsen te drukken. (Deze hebben natuurlijk geen vergrendeling.) Het mechanisme is echter in dit opzicht fool-proof gemaakt: tusschen de tandwielen D en D' (fig. 1) is de as E onderbroken en een vrij zwakke frictiekoppeling P_1 aangebracht. Draait de gebruiker aan de afstemknop R, terwijl het heele mechanisme door een pin in een afstemrol vergrendeld is, dan glijdt deze koppeling P_1 zonder dat het tandwiel D' meegenomen wordt.

Dezelfde afstemknop R dient ook voor het vóór-instellen van de drukknoppen op de gewenschte stations. Hiervoor moet de afstemknop iets ingedrukt worden. Het tandwiel C grijpt dan direct in D', de frictiekoppeling P_1 is uitgeschakeld. Nu zitten de afstemrollen F_1, F_2... niet onbewegelijk op de as E, doch worden wederom door een wrijvingskracht, sterker dan die in de koppeling P_1, meegenomen. Wordt een afstemrol, bijv. F_3, door de bijbehoorende pin vastgehouden en draait men nu aan de, iets ingedrukte, afstemknop, dan draaien alle andere afstemrollen en de draaicondensator met de as E mee; stelt men op deze wijze een station in, dan is de drukknop van de rol F_3 op dit station ingesteld. Het vóór-instellen der drukknoppen geschiedt dus op dezelfde wijze en zelfs met dezelfde draaiknop als het gewone hand-afstemmen. De schaalwijzer, die door de as E aangedreven wordt, beweegt ook steeds mee.

Wanneer de draaicondensator in één van zijn beide eindstanden is en de gebruiker probeert de afstemknop toch nog verder te draaien, dan gaat, indien de frictiekoppeling P_1 door het indrukken van de afstemknop R reeds uitgeschakeld is, de frictiekoppeling P_2 tusschen de tandwielen D' en G slippen, zoodat geen schade kan worden aangericht. Voor de goede werking van het mechanisme moet de frictie in de koppeling P_2 natuurlijk sterker zijn dan die, waardoor de rollen F door de as E worden meegenomen.

Constructie van de motor

De motor is zoo geconstrueerd, dat hij zoowel op de gewone wisselstroom van 50 per/s kan werken als ook op de wisselstroom, die door een vibrator geleverd wordt [5]). Deze laatste heeft een hoogere frequentie, nl. 100 - 120 per/s. Het is duidelijk, dat bij deze hoogere frequentie de situatie voor de motor een andere wordt, aangezien de inductieve weerstand van de wikkelingen (zie fig. 6*b*) en de capacitieve weerstand van de condensator andere waarden krijgen. Het gevolg is, dat bijv. het aanloopkoppel op het kooianker kleiner en het toerental bij nullast grooter wordt. Door een geschikte constructie van het kooianker is bereikt, dat het koppel ook bij de grootere frequentie nog groot genoeg is. Op de as van het anker is een regulateur aangebracht, die er voor zorgt, dat ook bij de hoogere wisselstroomfrequentie het toerental van de motor niet te groot wordt. Bij de vibratorfrequentie wordt de axiale kracht op het kooianker kleiner en dientengevolge kan de frictieaandrijving A, B (fig. 1) gaan slippen. De regulateur op de anker-as is nu zoo uitgevoerd, dat de, door de middelpuntvliedende kracht uit elkaar gedreven, segmenten een kantelende beweging maken: zij veroorzaken hierdoor behalve een remmende kracht ook een kracht in axiale richting, zoodat de totale druk voldoende is voor de frictieaandrijving A, B.

Nauwkeurigheid van de afstemming

Niettegenstaande de vrij ingewikkelde werkwijze van het mechanisme is een uitstekende reproduceerbaarheid van de drukknop-afstemming verkregen. Dit is in de eerste plaats te danken aan de vrij groote overbrengingsverhouding (1 : 5) tusschen de as van de afstemrollen en die van de draaicondensator. Immers, de reproduceerbaarheid zal afhangen van de speling, die de pin in de boring van de afstemrol heeft. Deze speling zal van minder belang zijn, naarmate de weg, die de pin en de boring ten opzichte van elkaar afleggen, grooter is. Bij het draaien van de condensator van

[5]) Over een vibrator voor het aansluiten van toestellen, die voor wisselstroom gebouwd zijn, op een gelijkstroomnet, vgl. Philips techn. T. 2, 346, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

minimum- tot maximum-capaciteit, d.i. een halve slag, maakt de afstemrol $2^1/_2$ slag; bij een diameter van de rol van 44 mm bedraagt dus de relatieve weg van pin en boring ca. 350 mm. Veronderstellen we, dat de frequentie van het toestel ongeveer evenredig met de hoek van de draaicondensator, dus ook evenredig met de afstand tusschen pin en boring, variëert, en loopt de frequentie op middengolf bij een halve slag van de condensator bijv. van 500 tot 1500 kper/s, dan beteekent een speling van bijv. 0,1 mm een frequentievariatie van ca. $(1500 - 500) \cdot 0{,}1/350 \approx {}^1/_3$ kper/s. Inderdaad blijkt de maximale afwijking bij het reproduceeren van een bepaalde drukknop-afstemming niet meer dan 0,5 kper/s te bedragen. Vanzelfsprekend moest de speling in de tandwieloverbrenging *G*, *H* (fig. 1) tusschen afstemrollen en draaicondensator onderdrukt worden. Dit is bereikt door de volgende constructie. Het tandwiel *H* (zie fig. 4) bestaat uit twee geheel gelijke tandwielen, die naast elkaar op de as zitten. Het ééne zit vast op de as, het tweede wordt door een in tangentiale richting werkende veer, die aan beide tandwielen bevestigd is, meegenomen. Het aandrijvende tandwiel *G* grijpt in beide tandwielen *H* tegelijk in; door de veer wordt steeds een tand van *G* met een flinke druk tusschen een tand van het ééne en een tand van het andere tandwiel *H* geklemd, zoodat er geen speling optreedt.

EEN RÖNTGENBUIS VOOR HET ONDERZOEK VAN KRISTALSTRUCTUREN

door J. E. DE GRAAF en W. J. OOSTERKAMP. 621.386.1:548.73

Aan een röntgenbuis, die bestemd is voor het onderzoek van kristalstructuren, worden de speciale eischen gesteld: korte vereischte belichtingstijden, spectraal zuivere straling, gemakkelijke hanteerbaarheid. Er wordt een buis met door water gekoelde anode beschreven die aan deze eischen voldoet. Speciaal wordt besproken, welke vorm men het focus moet geven om een zoo groot mogelijke helderheid te verkrijgen. Het in verband met de koeling van de anode optredende warmtegeleidingsprobleem wordt nader behandeld.

Voor röntgenstralen bestaan in hoofdzaak twee groote toepassingsgebieden: de geneeskunde en het materiaalonderzoek. In de geneeskunde worden zij voor diagnostische en voor therapeutische doeleinden gebruikt, bij het materiaalonderzoek voor het opsporen van macroscopische fouten [1]) en voor het nagaan van kristalstructuren door middel van buigingsopnamen [2]).

De eischen, die aan de te gebruiken röntgenbuis gesteld worden, zijn bij elke dezer toepassingen verschillend. Om slechts één voorbeeld te noemen: bij bepaalde therapeutische toepassingen van röntgenstralen, waar gebruik gemaakt wordt van hun destructieve werking op weefsels, komt het in de eerste plaats er op aan, dat de stralen een groot doordringend vermogen en een groote energie bezitten, de vorm van het focus (d.i. de plek waarvan de röntgenstralen uitgaan) is echter van minder belang; het mag bijv. vrij groote afmetingen hebben. Bij de andere genoemde toepassingen, waar het er om gaat een afbeelding van inwendige details, resp. een buigingsbeeld te verkrijgen, is het juist van groot belang, dat het focus kleine afmetingen heeft ter wille van de scherpte van de afbeelding, resp. het buigingsbeeld. Aan de andere kant zijn er ook gezichtspunten, die bij de constructie van alle soorten röntgenbuizen in het oog gehouden moeten worden, o.a. de bescherming van de gebruiker tegen röntgenstraling buiten de op het object gerichte stralenkegel, en de beveiliging tegen de hooge spanningen die voor het bedrijf der buizen noodig zijn.

In dit artikel willen wij een buis bespreken, die speciaal ontwikkeld is om te worden gebruikt voor het onderzoek van kristalstructuren, zoowel in wetenschappelijke en technische laboratoria als in de werkplaats. Voor een nadere beschrijving van de te volgen werkwijze bij de verschillende takken van het structuuronderzoek (éénkristalopnamen volgens Laue, poederopnamen volgens Debije-Scherrer, spanningsonderzoek, enz.) verwijzen we naar de onder [2]) aangehaalde artikelreeks van Burgers. De verschillende mogelijke opstellingen hebben allen gemeen, dat de uit de buis komende bundel röntgenstralen eerst door een diafragma tot een fijne straal wordt gereduceerd; deze valt vervolgens op het te onderzoeken preparaat. Hier wordt de straal in verschil-

---

[1]) Zie de vijf artikelen van J. E. de Graaf over dit onderwerp in de 2e en 3e jaargang van dit tijdschrift.

[2]) Zie de twaalf artikelen van W. G. Burgers over dit onderwerp in de 1e en 2e jaargang van dit tijdschrift.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

lende, door de kristalstructuur bepaalde, richtingen afgebogen of gereflecteerd, waardoor een zwarting ontstaat op de hiermede correspondeerende punten van een op eenige afstand om het preparaat gelegde fotografische film (*fig. 1*).

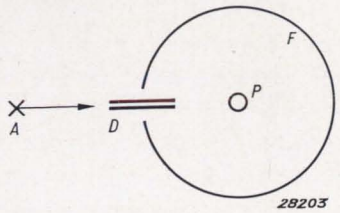


Fig. 1. Schema van een opstelling voor het structuuronderzoek. A = focus, waarvan de röntgenstralen uitgaan, D = diafragma, P = preparaat, F = film.

Bij het construeeren van de te beschrijven röntgenbuis werd speciaal van de volgende gezichtspunten uitgegaan:

1) De vereischte belichtingstijden moeten zoo kort mogelijk zijn. Dit is niet alleen van belang voor routinewerk, maar eveneens voor wetenschappelijk onderzoek, waar men ook in geval van zwak reflecteerende preparaten, of bij gebruik van kleine diafragma's, met redelijke belichtingstijden wil uitkomen.

2) De straling moet een zuiver spectrum bezitten. Wanneer dit niet het geval is, geven de ongewenschte lijnen in het spectrum aanleiding tot het ontstaan van eigen interferentiebeelden, waardoor de opname veel ingewikkelder en de interpretatie onnoodig bemoeilijkt wordt.

3) De buis moet, speciaal voor technische toepassingen, gemakkelijk te hanteeren en in te stellen zijn.

Constructie van de buis

In *fig. 2* is de constructie van de buis schematisch weergegeven. De gloeikathode K emitteert electronen, die door een potentiaalverschil van eenige tientallen kV in de richting van de anode A versneld worden. Hier wordt hun kinetische energie omgezet, voor een klein gedeelte in röntgenstraling, voor het grootste gedeelte echter in warmte. De anode is in een chroomijzeren kan D gesoldeerd, waar het glazen gedeelte G, dat de kathode draagt, aangelascht is. Door deze constructie is het mogelijk om de anode met water te koelen, zoodat een effectieve warmteafvoer bereikt wordt. Bij W wordt het koelwater toe- en afgevoerd. Bij L zijn glazen vensters in de anodekan aangebracht, waardoor de röntgenstralen naar buiten kunnen treden. Om de kathode en anode is een metalen cylinder B aangebracht, die op kathode-potentiaal staat. De cylinderwand heeft slechts eenige kleine openingen voor de doorgang van de röntgenstralen. Op deze wijze is er voor gezorgd, dat geen secundaire electronen van de anode de vensters L kunnen bombardeeren. Om de anodekan heen is een looden mantel P aangebracht, die de röntgenstralen buiten de uit de vensters komende stralenkegel opvangt.

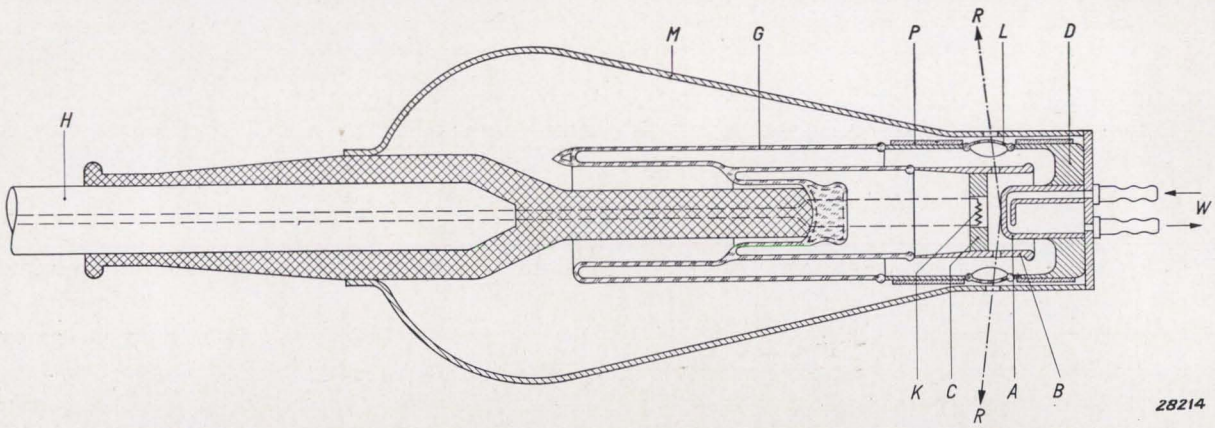


Fig. 2. Constructie van de röntgenbuis voor structuuronderzoek. De anode A maakt deel uit van de chroomijzeren kan D, waaraan het glasgedeelte G gelascht is, dat de schermcylinder B met de plaat C en de kathode K draagt. De röntgenstralen treden in de richting der pijlen R door de vensters L. Bij W vindt de toe- en afvoer van koelwater plaats. De buis bevindt zich in een metalen omhulling M, die evenals de anode en de metalen bekleeding van de hoogspanningskabel H geaard is. Om de anodekan is een loodmantel P aangebracht.

De anode is geaard, zoodat voor de koeling geen geïsoleerd opgestelde koelpomp met gesloten kringloop van het koelwater noodig is, doch eenvoudig leidingwater gebruikt kan worden. Daar de kathode op hoogspanning staat (deze wordt via de hoogspanningskabel H toegevoerd), moet de gloeistroomtransformator geïsoleerd opgesteld zijn. Hij is in het huis van de hoogspanningstransformator ondergebracht. De geheele buis is in een metalen omhulling M geplaatst, die evenals de metalen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bekleeding van de hoogspanningskabel geaard is, zoodat iedere aanraking van spanningvoerende gedeelten voor de gebruiker onmogelijk is gemaakt. De kathode is in de opening van een plaat C gemonteerd, die op kathodepotentiaal staat. Deze plaat met opening heeft de werking van een electronenlens, dwz. hij veroorzaakt een zoodanige buiging der electronenbanen, dat deze in een scherp focus op de anode vereenigd worden. Door aan de gloeikathode een geschikte vorm te geven, kan men een focus van bepaalde vorm en afmetingen verkrijgen.

Korte belichtingstijd

We willen nu nader bespreken op welke wijze aan de in het begin genoemde eischen is voldaan. Voor het verkrijgen van een korte belichtingstijd zijn verschillende factoren van belang, bijv. het zg. eigen filter van de buis. Om uit het vacuum in de buis naar buiten te komen moeten de röntgenstralen onvermijdelijk een wand passeeren, waardoor zij verzwakt worden. De verzwakking is bij de beschreven buis zoo klein mogelijk gehouden door de vensters L (fig. 2) van zg. Lindemann-glas te maken, dat alleen elementen met een laag atoomnummer bevat en daardoor de straling weinig absorbeert. Bovendien zijn de vensters zeer dun, nl. 0,12 mm. Een en ander was mogelijk door de reeds vermelde bescherming der vensters tegen een bombardement door secundaire electronen van de anode. In de vensters wordt de nuttige straling, die bijv. met een koperen anode verkregen wordt, slechts met 25% verzwakt.

Verder is het duidelijk, dat men de belichtingstijd des te korter zal kunnen kiezen, naarmate men de camera dichter bij het focus kan brengen: de intensiteit van de straling is immers omgekeerd evenredig met het kwadraat van de afstand. De minimale afstand wordt bepaald door de diameter van de buis. Deze houdt ten nauwste verband met de maximaal te gebruiken spanning, daar de afstand tusschen de schermcylinder B en de anode, noodig om doorslag te vermijden, evenredig met de te gebruiken spanning toeneemt. Om de buis ook voor Laue-opnamen te kunnen gebruiken, waarbij relatief hooge spanningen noodig zijn, werd de maximaal toelaatbare spanning op 60 kV bepaald (zoowel voor wissel- als voor gelijkspanning). Desniettegenstaande bedraagt de diameter, dank zij de compacte bouw der onderdeelen in de anodekan, slechts 60 mm, zoodat de camera tot op ongeveer 35 mm afstand van het focus gebracht kan worden.

De belangrijkste factoren voor het verkrijgen van korte belichtingstijden zijn echter de vorm en de helderheid van het focus. In de eerste plaats zal men er natuurlijk aan denken de intensiteit van de röntgenbundel te vergrooten, door het focus grootere afmetingen te geven en overeenkomstig grootere diafragma's te kiezen. Hieraan wordt echter, zooals in de inleiding reeds werd opgemerkt, een grens gesteld door de onscherpte, die bij een te groote stralenbron zou ontstaan. In het algemeen werkt men bij structuuropnamen met een diafragma van hoogstens 1 mm diameter [3]), en het heeft dus geen zin de stralenbron veel grooter te maken dan 1 × 1 mm. Bij voorgeschreven oppervlak is de röntgenenergie alleen te vergrooten door de helderheid van het focus op te voeren.

Vorm en helderheid van het focus

Hier komt ons nu het feit te hulp, dat bij de emissie van röntgenstralen de wet van Lambert niet vervuld is. Volgens deze wet is de helderheid van een stralend vlak uit alle richtingen gezien dezelfde. Dit geldt voor het geval van zg. volumestraling. Kijkt men loodrecht op het oppervlak bijv. van een gloeiende gasmassa van de dikte s (pijl *1*, *fig. 3a*), dan leveren zoowel de buitenste

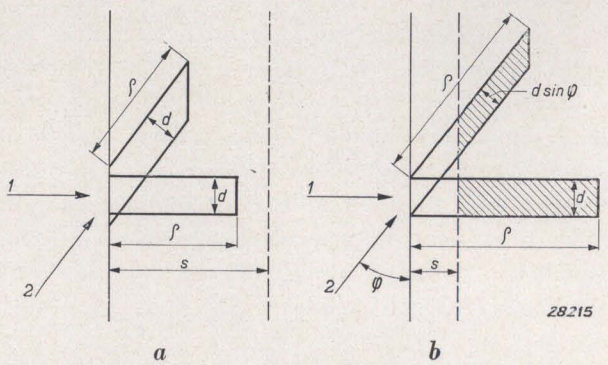


Fig. 3. *a*) Volumestraling. De diepte s van de emitteerende laag is grooter dan de diepte ϱ van de laag, die tot de uittredende straling bijdraagt. Bij loodrechte (*1*) en schuine (*2*) waarnemingsrichting krijgt men dezelfde lichtstroom van hetzelfde schijnbare oppervlak (d). De helderheid is dus in alle richtingen dezelfde (wet van Lambert).

b) Oppervlaktestraling. Hier is $s < \varrho$. Bij schuine waarnemingsrichting (*2*) krijgt men eenzelfde lichtstroom van het schijnbare oppervlak $d \sin \varphi$, als men bij loodrechte waarneming (*1*) van het oppervlak d krijgt. De helderheid in schuine richting is grooter (1/sin φ maal) dan die in loodrechte richting.

laag als ook meer naar binnen gelegen gedeelten een bijdrage tot het waargenomen licht. Het licht van de meer naar binnen gelegen gedeelten zal echter door absorptie verzwakt zijn, en wel des te meer, naarmate het dieper uit het gas komt. Van een bepaalde diepte ϱ af zal practisch niets meer tot

[3]) Voor speciale gevallen worden ook kleinere diafragma's, bijv. van 0,5 of 0,25 mm, gebruikt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

het naar buiten komende licht worden bijgedragen. Kijkt men schuin op het oppervlak van de gloeiende massa (pijl 2), dan zal wederom een zuil van de lengte ϱ tot de lichtwaarneming bijdragen, en bij gelijke doorsnede van de zuil als in het eerste geval, dwz. van hetzelfde schijnbare oppervlak krijgt men ook dezelfde lichtintensiteit. Dit beteekent, dat de helderheid (= lichtintensiteit/schijnbaar oppervlak) in beide richtingen dezelfde is. Uit fig. 3*a* ziet men echter onmiddellijk, dat de bovenstaande afleiding alleen geldt voor volumestraling, dwz. indien de diepte s van de laag, waarin de lichtopwekkende processen plaats vinden, grooter is dan de diepte ϱ van de laag, die tot het naar buitentredende licht bijdraagt. In *fig. 3b* is het tegenovergestelde geval, $s < \varrho$, geteekend, d.i. een oppervlaktestraling. De gearceerde gedeelten van de zuil (waarvan de lengte alleen bepaald is door de absorptie van de geëmitteerde straling in de stof), dragen nu niets bij, omdat hierin geen lichtopwekkende processen plaats vinden. Bij schuine stand van de zuil wordt het stuk ervan, dat straling naar buiten kan doen treden, langer. Beschouwt men de emissie, nu van eenzelfde werkelijk oppervlak, dan krijgt men in beide richtingen dezelfde lichtintensiteit, want het volume van de bijdragende zuil is hetzelfde gebleven (schuine cylinders van gelijk grondvlak en gelijke hoogte). Aangezien echter in de schuine richting het schijnbare stralende oppervlak kleiner is, zal de helderheid in de schuine richting grooter zijn dan bij loodrechte waarneming. In *fig. 4* is de afhankelijkheid van de helderheid van de waarnemingshoek voor beide gevallen, volumestraling (*I*) en oppervlaktestraling (*II*), geteekend.

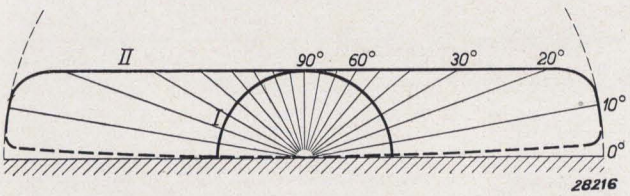


Fig. 4. Polair diagram van de helderheid bij volumestraling (*I*) en oppervlaktestraling (*II*). Bij kleine hoeken buigt de rechte lijn *II* af naar een cirkel (wet van Lambert, als bij *I*). Bij nog kleinere hoeken maken zich de oneffenheden van de anode bemerkbaar en gaat de helderheid naar nul (door stippellijn aangeduid).

In het geval van röntgenstralen hebben we nu inderdaad te maken met een oppervlaktestraling. Immers de absorptie der röntgenstralen in het anodemateriaal is veel kleiner dan die der bombardeerende electronen. De electronen wekken slechts in een dun laagje (ter dikte van bijv. $s = 0{,}01$ mm) röntgenstraling op, terwijl deze ook uit veel grootere diepten (ϱ) nog naar buiten zou kunnen komen (fig. 3*b*). Geeft men dus aan het focus een langwerpige vorm, bijv. de vorm van een rechthoek van de breedte b en de lengte $l = b/\sin\varphi$ (lijnfocus *fig. 5*), dan neemt men in de richting φ een stralend vierkant met een breedte en lengte b waar, waarvan echter de helderheid een factor $1/\sin\varphi$ grooter is dan bij loodrechte waarneming. Dit principe werd door Goetze voor het eerst in röntgenbuizen toegepast.

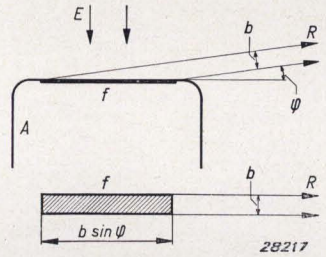


Fig. 5. Vorm van het focus f op de anode A. De electronen vallen loodrecht in (E), de röntgenstralen worden onder de hoek φ waargenomen (R). De focusbreedte is b, de lengte $b/\sin\varphi$, zoodat het focus in de richting φ als vierkant waargenomen wordt.

Uit fig. 3*b* ziet men, dat bij zeer kleine hoek tusschen waarnemingsrichting en oppervlak onze beschouwingen niet meer gelden, omdat dan de geheele zuil met de lengte ϱ in de emitteerende laag van de diepte s valt. Dan geldt weer de wet van Lambert, en de rechte lijn *II* (constante lichtintensiteit) in fig. 4 buigt af naar een cirkel [4]). Van een bepaalde hoek af levert dus het verder verkleinen ervan geen winst aan helderheid meer op. Bovendien werken bij kleine hoeken geringe oneffenheden der anode (tengevolge van het ruw worden van het oppervlak, zie beneden) storend. Om deze redenen is in de beschreven buis de hoek tusschen waarnemingsrichting en anodeoppervlak op 6° vastgesteld. Om bij de grootste gebruikelijke diafragma's van 1 mm nog gemakkelijk te kunnen instellen, werden voor het focus de schijnbare afmetingen 1,2 × 1,2 mm gekozen; de werkelijke afmetingen bedragen dus 1,2 × 12 mm ($\sin 6° \approx 0{,}1$).

Het lijnfocus heeft twee identieke waarnemingsrichtingen. Voor sommige toepassingen is ook een hierop loodrecht staande waarnemingsrichting bruikbaar, zoodat in het geheel vier uittreedvensters zijn aangebracht [5]).

---

[4]) In werkelijkheid treedt het afbuigen pas bij veel kleinere hoeken op dan in fig. 4 geteekend: Bij een bepaalde monochromatische röntgenstraling heeft F. Wisshak (Ann. Physik **5**, 507, 1930) gemeten, dat de helderheid bij $\varphi = 20°$ 2,8 maal, bij $\varphi = 10°$ 5,2 maal, bij $\varphi = 6°$ 8,1 maal zoo groot was als bij loodrechte waarneming ($\varphi = 90°$).

[5]) In principe is het mogelijk om verscheidene dergelijke foci in verschillende richtingen op de anode aan te brengen (door middel van verscheidene gloeispiralen) en dus ook meer dan twee normale opnamen tegelijkertijd te maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Specifieke belasting van het focus

Bij gegeven vorm en afmetingen van het focus kan de helderheid nog vergroot worden door de specifieke belasting (de door de electronen afgegeven energie per cm² en per s) te verhoogen. De helderheid is bij constante spanning evenredig met de specifieke belasting. Tevens neemt echter ook de ontwikkelde warmte evenredig toe, waardoor de temperatuur ter plaatse van het focus hooger wordt. De toelaatbare temperatuur van de anode is begrensd door het optreden van verdamping van het focusmetaal, waardoor het focus min of meer ruw wordt. Men eischt, dat de aantasting van het focus na een gebruiksduur van 1000 of 2000 uur een bepaalde grens niet overschrijdt, die in verband staat met de bovenvermelde afname van de helderheid onder kleine hoeken. Daardoor wordt dan een maximaal toelaatbare verdampingssnelheid, dwz. voor elk focusmateriaal een maximaal toelaatbare temperatuur, gegeven.

Men moet zooveel mogelijk warmte op het focus ontwikkelen (hooge specifieke belasting) en wil toch de maximaal toelaatbare temperatuur niet overschrijden. Het gaat er dus om de warmte zoo goed mogelijk af te voeren. De warmteafvoer vindt hoofdzakelijk door warmtegeleiding in het anodemateriaal naar de achterwand plaats (*fig. 6*), die met stroomend water gekoeld wordt en over het geheele koelvlak een vrijwel constante temperatuur heeft. Deze temperatuur moet overal kleiner blijven dan 100° C, daar anders het koelwater gaat koken, met als gevolg het ontstaan van een isoleerende damplaag en op den duur vorming van ketelsteen. Door deze begrenzing van de temperatuur van de gekoelde wand is, bij een gegeven snelheid van het koelwater, de maximaal te verwerken warmtestroom per eenheid van het gekoelde oppervlak bepaald. De specifieke belasting W_f van het focus, die men onder inachtneming van beide genoemde beperkingen: maximaal toelaatbare focustemperatuur en maximaal toelaatbare dichtheid van de warmtestroom aan het gekoelde oppervlak, kan bereiken, hangt af van de dikte d van de anode. Bij een bepaalde dikte van de anode bereikt de waarde, die W_f mag hebben, een maximum. Dit is als volgt in te zien.

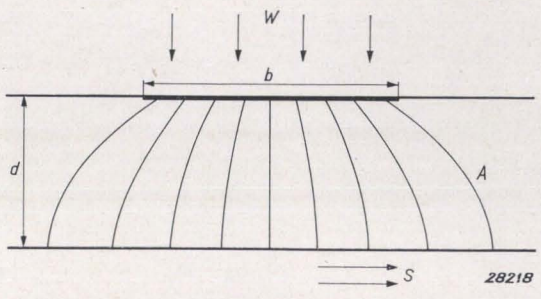


Fig. 6. Situatie-schets van het warmtegeleidingsprobleem. Aan het focus f (waarvan de langste zijde loodrecht op de teekening is gedacht) wordt de warmtestroom W ontwikkeld. De warmte wordt door het lichaam van de anode A naar de achterwand geleid, waar koeling door stroomend water S plaats vindt. Zooals aangeduid treedt een divergentie der warmtestroomlijnen op, des te meer uitgesproken, naarmate de dikte d van de anode grooter gemaakt wordt.

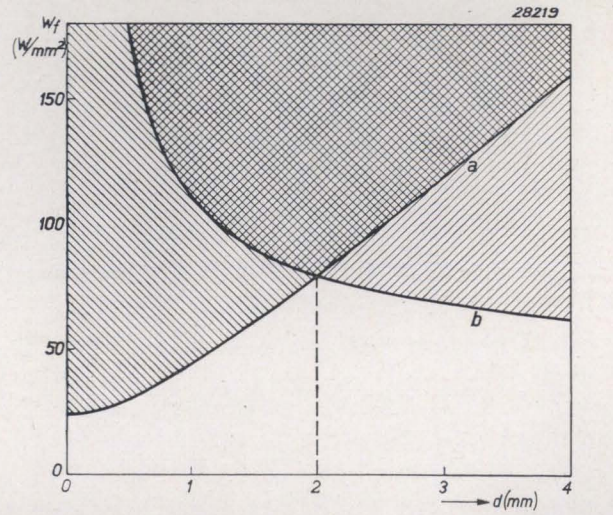


Fig. 7. Specifieke focusbelasting W_f in afhankelijkheid van de anodedikte d, bij een oneindig lang lijnfocus van 1,2 mm breedte op een koperen anode. In kromme a heeft de dichtheid W_s van de warmtestroom aan het gekoelde oppervlak haar maximaal toelaatbare waarde (24 W/mm²). In kromme b heeft de focustemperatuur T_f haar maximaal toelaatbare waarde (300° C), terwijl de temperatuur van het met water gekoelde vlak op 100° C is gesteld (in het geval van kromme a was deze voorwaarde automatisch vervuld). Het „geoorloofde" gebied ligt onder beide krommen. De dikte d, die bij het snijpunt der krommen behoort, is de gunstigste. De krommen zijn voor gelijkstroom-belasting berekend; de maximaal bereikbare W_f, bij $d = 2$ mm, is dan 80 W/mm². Bij gebruik van wisselstroom van de gelijke effectieve waarde wordt de bereikbare W_f minder, nl. 60 W/mm².

In *fig. 7* is W_f uitgezet tegen d. Kromme a is berekend voor het geval, dat de warmtestroomdichtheid W_s aan het gekoelde vlak steeds haar maximaal toelaatbare waarde heeft (die in het hier onderstelde geval 24 W/mm² bedroeg). Op de focustemperatuur is in kromme a niet gelet. Bij zeer dunne anode (d klein) loopen de warmtestroomlijnen van het focus naar de achterwand vrijwel evenwijdig, dwz. de warmtestroomdichtheid is overal dezelfde en W_f mag dus niet grooter zijn dan W_s (= 24 W/mm²). Is de anode dikker (grootere d), dan treedt bij de warmtegeleiding een zekere divergentie van de warmtestroom op (zie de stroomlijnen in fig. 6), zoodat de dichtheid van de warmtestroom aan de achterwand kleiner wordt dan bij het focus: De toelaatbare W_f wordt dus grooter dan W_s; hij neemt bij groote d bij benadering evenredig met d toe. Het boven de kromme liggende gebied is „verboden", want elk punt ervan stelt

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

een combinatie van W_f en d voor, waarbij $W_s >$ 24 W/mm² zou zijn. Kromme b is berekend voor het geval, dat de focustemperatuur T_f steeds haar maximaal toelaatbare waarde heeft, die hier gelijk 300° C is aangenomen (koperanode). In deze kromme is niet op de warmtestroomdichtheid aan het koelvlak gelet, maar er is aangenomen, dat de snelheid van het koelwater steeds zoo groot is gekozen, dat de gekoelde wand een temperatuur van 100° C behoudt. Langs de kromme is dus het temperatuurverschil tusschen focus en koelvlak constant = 200° C. Bij zeer kleine d moet de temperatuurgradiënt, dus ook de daarmee evenredige warmtestroom in de anode, zeer groot zijn, opdat het temperatuurverschil der beide wanden het genoemde bedrag bereikt. Hier is dus W_f zeer groot. Bij grootere d wordt het genoemde temperatuurverschil reeds met een kleinere gradiënt, dus kleinere W_f, bereikt. Wederom is het gebied, dat boven de kromme ligt, „verboden", want in elk punt ervan zou de focustemperatuur hooger dan 300° zijn.

Wil men nu beide beperkingen, die van T_f en die van W_s, niet overtreden, dan is „geoorloofd" alleen het gebied, dat zoowel onder kromme a als onder kromme b ligt. Men ziet, dat men met een bepaalde anodedikte d, nl. die bij het snijpunt der beide krommen behoort, tot de grootste specifieke focusbelasting W_f komt.

Deze optimale wanddikte hangt af van de snelheid van het koelwater, daar hierdoor de toelaatbare dichtheid van de warmtestroom aan de achterwand der anode wordt bepaald. Bovendien is ze natuurlijk voor de verschillende anodematerialen met hun verschillende physische constanten niet dezelfde. Daar deze materialen echter slechts als dun plaatje op een grondmassa van koper aangebracht worden, zijn de onderlinge afwijkingen der bijbehoorende gunstigste wanddikten niet groot. Hoe dunner de opgesoldeerde plaatjes zijn, des te beter is de warmteafvoer en des te hooger de specifieke belastbaarheid. Bij de hier beschreven buis is de snelheid van het water op 8 m/s vastgelegd, waarvoor een overdruk van 1 atm en een waterverbruik van 6 l/min noodig is. De optimale wanddikte bedraagt dan ongeveer 2 mm en de toelaatbare specifieke belasting bij een koperanode 60 W/mm², indien de buis met wisselspanning bedreven wordt (steeds voor het hier gekozen lijnfocus van 1,2 mm breedte). Ter vergelijking zij aangevoerd, dat bij de met lucht gekoelde „Metalix"-buis voor structuuronderzoek [6]) de specifieke belasting 25 W/mm² en bij een andere watergekoelde buis [7]) 30 W/mm² bedraagt (beiden eveneens met koperanode).

Voor ijzer, cobalt, en chroom is in de beschreven buis een specifieke belasting van ca. 35 W/mm² toelaatbaar, voor wolfraam en molybdeen ca. 70 W/mm², indien deze metalen in de vorm van 0,5 mm dikke plaatjes op het koperlichaam van de anode gesoldeerd zijn.

Homogeniteit van de focusbelasting

In *fig. 8* is de verdeeling van de temperatuur over de breedte van het lijnfocus voorgesteld. Bij de berekening van deze kromme is (evenals bij de krommen in fig. 7) het lijnfocus als oneindig lang verondersteld, hetgeen een voldoende benadering geeft. Uit de kromme leest men af, dat de temperatuur aan de randen van het focus ongeveer 25 % lager is dan in het midden. Dit verschijnsel, dat toe te schrijven is aan de zijdelingsche warmteafvoer van het focus naar het aangrenzende anodemateriaal, treedt op bij de tot nu toe onderstelde homogene belasting van het geheele oppervlak van het focus. Bij gebruik van een gloeispiraal als kathode is echter de verkregen belasting van het focus niet homogeen. Over de geheele omtrek van de spiraal treden per cm² ongeveer evenveel electronen uit. Door het sterke veld worden zij onmiddellijk naar de anode getrokken. Het is plausibel dat de electronenbanen, uitgaande van die spiraalgedeelten waarvan de raaklijn naar het focus wijst, het dichtst bij elkaar zullen liggen. In de rand van de electronenbundel is dus de stroomdichtheid het grootst en dientengevolge wordt het focus aan de randen zwaarder belast dan in het midden. Bij een gloeispiraal als kathode zal dus de temperatuurverdeeling over de focusbreedte niet de vorm van fig. 8 hebben, maar

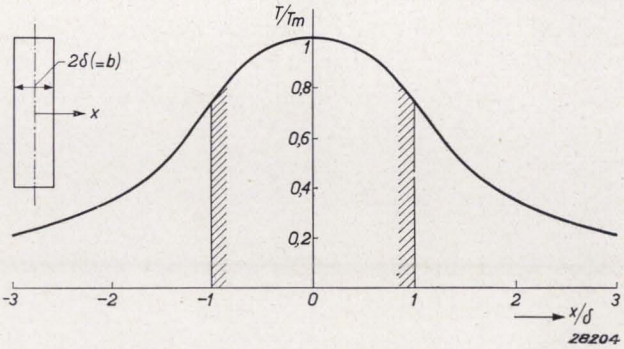


Fig. 8. Temperatuurverdeeling over het focus in geval van homogene belasting. Aan de randen van het focus ($x = \delta$) is de temperatuur ca. 20% lager dan in het midden.

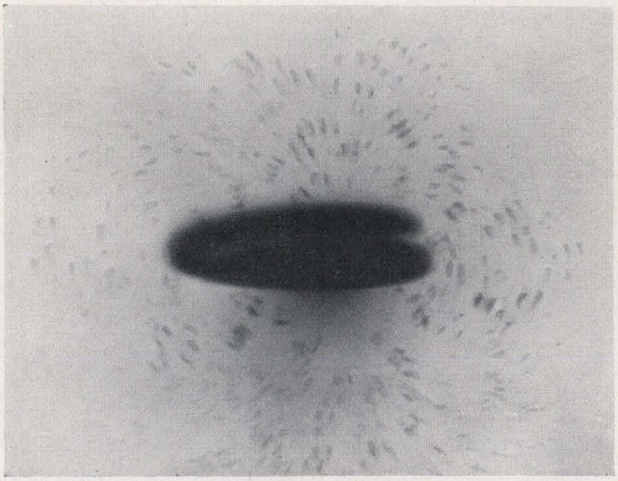
[6]) A. Bouwers en W. Busse, Z. Krist. **77**, 507, 1931.

[7]) R. Glocker, Materialprüfung mit Röntgenstrahlen, 1936, p. 167.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

eerder constant over de geheele breedte zijn (eventueel aan de randen nog iets oploopen). Aangezien de voor het focusmateriaal toelaatbare temperatuur daarbij nergens overschreden wordt en toch een hoogere gemiddelde specifieke belasting verkregen



28103

Fig. 9. Een Laue-opname, waarbij tengevolge van zeer inhomogene belasting van het focus verschillende ten opzichte van elkaar verschoven interferentiebeelden tegelijk ontstaan zijn. Men vergelijke deze opname eens met een goede Laue-foto, zooals bijv. in dit tijdschrift **1**, p. 213, 1936.

wordt, zou men kunnen denken, dat de inhomogeniteit van de focusbelasting zelfs voordeelig zou zijn. Bij sommige röntgenbuizen voor medische diagnostiek maakt men inderdaad hiervan gebruik. Voor het structuuronderzoek is echter een inhomogene focusbelasting niet toelaatbaar. Bij zwaardere belasting van de randen geven deze nl. door hun grootere helderheid afzonderlijke interferentiebeelden, die ten opzichte van elkaar eenigszins verschoven zijn, waardoor de indruk van een splitsing of onscherpte der interferentielijnen of -stippen kan ontstaan. In *fig. 9* is dit verschijnsel geïllustreerd aan een Laue-opname [8]), waarbij de verdeeling van de belasting over het focus wel heel slecht was.

Men mag dus voor de kathode geen gewone gloeispiraal nemen, maar moet haar een zoodanige vorm geven, dat men juist een homogene belasting van het focus, met een temperatuurverdeeling als in fig. 8, verkrijgt. Dit is bij de beschreven buis bereikt door middel van een gloeidraad, waarvan de emitteerende gedeelten allen in één plat vlak liggen evenwijdig aan de anode. In *fig. 10* zijn foto's van een focus met inhomogene en één met homogene belasting weergegeven, benevens hun met een microfotometer opgenomen helderheidsverdeeling.

[8]) Deze opname hebben wij te danken aan R. Stephen, London.

Zuiverheid van het spectrum

In de inleiding werd de eisch genoemd en gemotiveerd dat het door de buis geleverde röntgenspectrum zuiver moet zijn. Door de bombardeerende electronen wordt in het anodemetaal een röntgenstraling opgewekt met een continu spectrum, waarover een spectrum van enkele lijnen gesuperponeerd is. Dit lijnenspectrum is voor elk chemisch element karakteristiek. Voor de meeste toepassingen, zooals bijv. het onderzoek volgens de methode van Debije-Scherrer, moet een monochromatische röntgenstraling gebruikt worden. Men kan nu voor elk anodemateriaal een zoodanig filter, van een element met een iets lager atoomnummer kiezen, dat van het karakteristieke spectrum practisch slechts één lijn doorgelaten wordt. Is nu het anodeoppervlak verontreinigd met een ander element, dan zendt ook dit zijn karakteristieke straling uit, welke echter niet geheel door het gebruikte filter geabsorbeerd wordt, zoodat het dan in het algemeen niet mogelijk is een monochromatische straling te krijgen. In het belang van de zuiverheid van het spectrum is het dus noodzakelijk, elke verontreiniging van het anodeoppervlak te vermijden.

De meest voorkomende verontreiniging is wolfraam, dat van de gloeidraad is verdampt. Daar de anode voor het verkrijgen van een goede focusseering der electronen dicht bij de kathode is geplaatst, zou het verdampende wolfraam gemakkelijk op de anode kunnen neerslaan. Bij de gebruikelijke gloeidraadtemperatuur van ongeveer

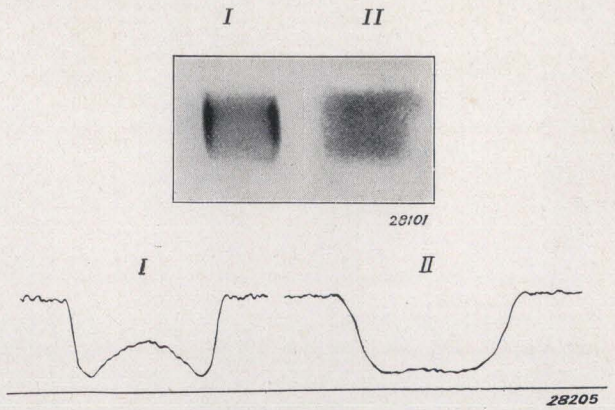


Fig. 10. *a*) Opnamen van een focus met inhomogene (*I*) en één met homogene belasting (*II*). De zwarting is teweeggebracht door de van het focus uitgaande röntgenstraling.
b) Fotometercurven. De loodrechte afwijking ten opzichte van de horizontale nullijn is evenredig met de doorlaatbaarheid in de opeenvolgende punten van een doorsnede van de foto's in *a*. Kleine ordinaten beantwoorden dus aan groote zwarting, dus aan groote röntgenintensiteit. Bij het inhomogeen belaste focus *I* is de helderheid aan de randen aanzienlijk grooter dan in het midden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

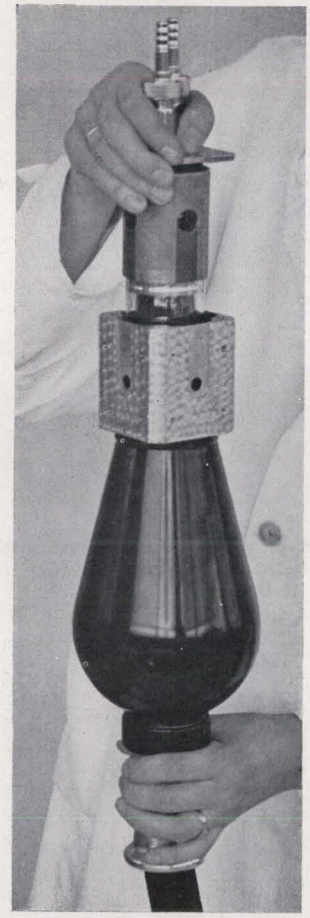
2400° K is weliswaar de verdampingssnelheid van metallisch wolfraam nog zeer klein. Indien de buis echter waterdamp bevat, wordt het gloeiende wolfraam hierdoor geoxydeerd, en het oxyde verdampt veel sneller dan het metaal zelf. Het oxyde slaat op een koudere plaats neer (bijv. de anode, waarvan de focustemperatuur bij de meeste materialen veel lager is dan de kathode-temperatuur) en wordt hier weer gereduceerd tot het metaal [9]).

Waterdamp zou in de buis kunnen ontstaan door uit de metalen deelen vrijkomende waterstof, die door een of ander aanwezig oxyde geoxydeerd wordt; bovendien kan het glas waterdamp afgeven. Een zeer grondig ontgassen en evacueeren van de buis is dus noodzakelijk. Daarom werd ook in deze buis, zooals trouwens in alle „Metalix"-buizen, een getter toegepast, welke het tijdens het gebruik vrijkomende gas snel absorbeert. Door deze voorzorgen is bereikt, dat de intensiteit van de wolfraamlijnen in het verkregen röntgenspectrum na een gebruiksduur van 1000 uren pas 1 à 2 % van die van de gewenschte straling bedraagt.

Overigens is reeds uit anderen hoofde een grondige ontgassing gewenscht: verontreinigingen hebben, tengevolge van een dergelijk proces als hierboven beschreven, ook een versnellende invloed op de verdamping van de meeste anodemetalen, met name van koper, zoodat het anodeoppervlak sneller ruw zou worden, indien de buis niet goed ontgast was.

Gebruik van de buis

Tenslotte nog enkele woorden over het practisch werken met de beschreven röntgenbuis. Er is reeds besproken, op welke wijze een volledige bescherming tegen hoogspanning en tegen röntgenstraling buiten de nuttige kegel verkregen is. De constructie met een metalen anodekan maakt het mogelijk, de loodmantel onmiddellijk om de kan aan te brengen (bij een glazen buis moet de loodmantel op eenige afstand van de wand aangebracht worden, daar hij anders een vervorming van het veld en ontoelaatbare plaatselijke veldsterkteverhoogingen zou veroorzaken). De loodmantel hoeft derhalve slechts een geringe lengte en een kleine diameter te hebben, en het gewicht van de buis is daardoor klein. Dit heeft het voordeel, dat men met lichte statieven en eenvoudige ophanginrichtingen kan werken, en een subtiele instelling op een bepaald punt van het werkstuk, zooals die bij spanningsmetingen voorkomt, gemakkelijk en snel te bewerkstelligen is. Ook de kleine afmetingen van de buis, zie de foto *fig. 11*, komen de hanteerbaarheid ten goede.



28102

Fig. 11. Foto van de röntgenbuis. De buis is half uit de omhulling gehaald.

De genoemde eigenschappen zijn voor alle in de techniek gebruikte röntgenbuizen gewenscht. Voor het structuuronderzoek is bovendien nog van belang dat de buis snel uitwisselbaar is. Het is nl. soms noodig van stralingssoort (dwz. anodemateriaal) te verwisselen om de golflengte hiervan aan te passen bij de parameters van het te onderzoeken kristal. De beschreven buis kan na het losmaken van twee schroeven uit de omhulling genomen en door een buis met ander anodemateriaal vervangen worden. De waterkoeling gaat daarbij met de eerste buis mee en wordt daarna op de tweede overgezet. Op deze manier wordt een nat-worden van de omhulling vermeden.

[9]) C. J. Smithels, Tungsten, 1936, p. 86.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EEN NIEUWE MENGLAMP

door J. L. H. JONKER en A. J. W. M. VAN OVERBEEK. 621.385.5 : 621.396.694

In superheterodyne-ontvangers wordt als menglamp vaak gebruik gemaakt van een octode, een meng- en versterkerlamp, welke tegelijkertijd ook dienst doet als oscillatorlamp om de hulpfrequentie op te wekken. In dit artikel worden twee bezwaren van de octode besproken, nl. het inductie-effect en een verschuiving van de oscillatorfrequentie bij het toepassen van automatische volumeregeling. Het inductie-effect kan op eenvoudige wijze geneutraliseerd worden. Om de frequentieverschuiving op te heffen werd in dit laboratorium een nieuwe octode geconstrueerd, waarin het oscillator-gedeelte en het meng-gedeelte practisch onafhankelijk van elkaar zijn. Constructie en eigenschappen van de nieuwe menglamp worden uitvoerig behandeld.

Inleiding

De in moderne radio-ontvangtoestellen toegepaste transformatie van de hoogfrequente trilling in een middelfrequente trilling wordt vaak verkregen door middel van een octode. Deze lamp kan worden opgevat als een combinatie van een triode-oscillatorlamp met een penthode-versterkerlamp, zooals in *fig. 1* is aangegeven. De oscillator, bestaande uit

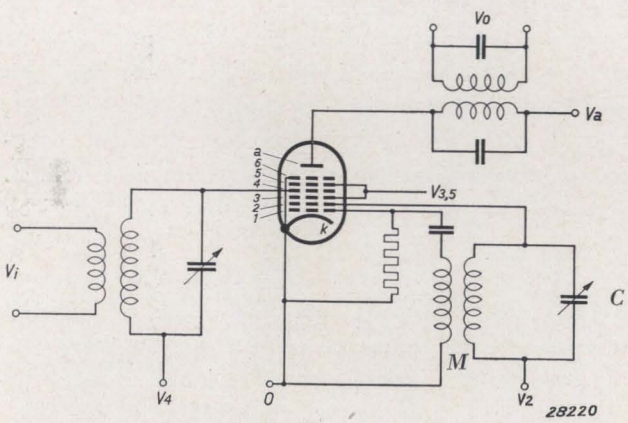


Fig. 1. Principe-schema van een mengtrap bij gebruik van een octode. De kathode *k* vormt met de roosters *1* en *2* een oscillator-triode; de roosters *4*, *5*, *6* vormen met de anode *a* een versterker- en mengpenthode. Het schermrooster *3* is de afscherming tusschen deze beide gedeelten van de octode; V_i is de ingangsspanning en V_0 de uitgangsspanning.

de kathode *k* en de roosters *1* en *2*, levert een periodiek veranderlijke stroom; dientengevolge wisselt de steilheid of, met andere woorden, de mate waarin de wisselspanning van het stuurrooster *4* der penthode de anodestroom beïnvloedt. Als resultaat der werking van de roosters *1* en *4* verkrijgt men in de anodestroom onder anderen een wisselstroomcomponent met een frequentie, gelijk aan het verschil tusschen de oscillatorfrequentie en de signaalfrequentie op rooster *4*, dat wij het signaalrooster willen noemen.

Dit systeem van golflengtetransformatie heeft, vergeleken met andere constructies, waarbij voor de oscillator en de mengtrap afzonderlijke lampen gebruikt worden, onder anderen het voordeel van eenvoudiger constructie en geringer stroomverbruik, terwijl reeds een kleine oscillatorspanning in staat is een gunstige verhouding tusschen hoogfrequente en middelfrequente signaalsterkte te geven. Daartegenover staan enkele moeilijkheden, veroorzaakt door de onderlinge beïnvloeding van het oscillatorgedeelte en het versterkergedeelte. De belangrijkste van deze invloeden zijn het zg. inductie-effect en een beïnvloeding van de oscillatorfrequentie door de vóórspanning van het signaalrooster; deze is veranderlijk, indien bijv. automatische volumeregeling wordt toegepast.

Het inductie-effect werd reeds eerder in dit tijdschrift uitvoerig besproken [1]). Men verstaat hieronder het verschijnsel, dat een wisselspanning van het oscillatorrooster *1* geïnduceerd wordt op het signaalrooster *4* door de electronen, die zich van rooster *1* naar rooster *4* bewegen. Het gevolg hiervan kan bijv. zijn, dat de oscillatorspanning ook aan de antenne wordt toegevoerd, zoodat deze energie uitstraalt. Bovendien kan door deze spanning een gelijkstroom optreden naar rooster *4* en kan de versterking ongunstig beïnvloed worden.

Laten we aannemen, dat het rooster *4* (zie *fig. 2*)

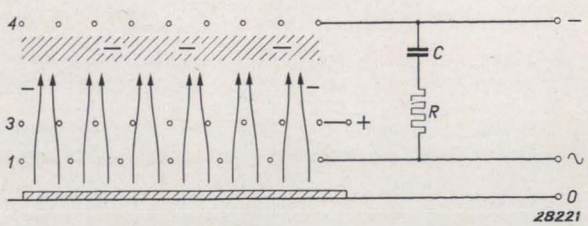


Fig. 2. Schematische voorstelling van het ontstaan van het inductie-effect. Wanneer de spanning van het rooster *1* variëert, dan verandert de ruimtelading van de electronen, die dit rooster passeeren en vóór het rooster *4* omkeeren. Dientengevolge wordt op het rooster *4* een wisselende lading geïnduceerd. Het inductie-effect kan gecompenseerd worden door een neutralisatiecondensator *C* met een weerstand *R* in serie.

[1]) Eenige eigenschappen van ontvanglampen bij korte golven, Philips techn. T. 1, 171, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

op een constante negatieve potentiaal staat, terwijl de spanning van rooster *1* veranderlijk is. De electronen, welke het rooster *1* passeeren, zullen in een bepaald vlak vóór het rooster *4* omkeeren; in de nabijheid van dit vlak wordt een sterke negatieve ruimtelading gevormd, die een positieve lading op het rooster *4* influenceert. Wanneer nu de spanning van het rooster *1* toeneemt, neemt de ruimtelading toe en dientengevolge ook de positieve lading op het rooster *4*. Aan de andere kant wordt dan in de schakeling van fig. 2 op die plaat van de neutralisatie-condensator *C*, welke met het rooster *4* verbonden is, een negatieve lading geïnfluenceerd. Het inductie-effect werkt dus op een tegengestelde wijze als de condensator en kan beschreven worden door een negatieve capaciteit tusschen de roosters *1* en *4*. Door de capaciteit *C* geschikt te kiezen kan men bereiken, dat bij het op- en neergaan van de spanning van rooster *1* uitsluitend lading heen en weer gaat tusschen het rooster *4* en het daarop aangesloten condensatorplaatje, zonder dat in de uitwendige keten van rooster *4* een stroom loopt. De „negatieve capaciteit" van het inductie-effect is dan door de parallel geschakelde positieve capaciteit geneutraliseerd. Deze neutralisatie zal echter in het algemeen slechts voor een bepaald werkpunt van de lamp volledig zijn.

In werkelijkheid geschiedt het vormen van de ruimtelading vóór het rooster *4* met een kleine vertraging ten opzichte van de spanningsvariaties van rooster *1*, tengevolge van de looptijd der electronen. Men kan met deze vertraging rekening houden door ook het laden van de neutralisatiecondensator *C* vertraagd te doen geschieden. Dit bereikt men door middel van een geschikt gekozen serieweerstand *R*. Op deze wijze kan het inductieeffect zoo ver gereduceerd worden, dat het in de practijk geen bezwaren meer oplevert.

De tweede moeilijkheid, welke boven genoemd werd, is een beïnvloeding van de oscillator-frequentie door de vóórspanning van het rooster *4*. Dit effect is als volgt te begrijpen: Een deel der electronen passeert het signaalrooster met een lage snelheid en de rest wordt gereflecteerd. Deze gereflecteerde electronen kunnen meerdere malen tusschen de roosters *1* en *4* heen en weer gekaatst worden. Tenslotte zullen ze opgevangen worden door de oscillatoranode *2* of het eerste schermrooster *3*, of zullen tusschen de draden van het signaalrooster *4* ontsnappen. Het gemiddelde aantal reflecties bedraagt bij een octode van het type EK 2 twee à drie. Het resultaat van deze herhaalde reflecties is een aanzienlijke vergrooting van de ruimtelading in de buurt van de roosters *1* en *2* (waardoor hun onderlinge capaciteit vergroot wordt) en een beïnvloeding van de stroomspanningskarakteristieken, dwz. van de steilheid van het oscillator-triodegedeelte. Indien nu de negatieve vóórspanning van het signaalrooster bijv. vergroot wordt, dan vermeerdert het percentage teruggekaatste electronen en dientengevolge wordt de capaciteit van de roosters *1* en *2* vergroot, terwijl bovendien de steilheid van de oscillator-triode verandert. Beide effecten hebben een invloed op de oscillatorfrequentie [2]).

In dit verband is van belang, dat tengevolge van de verhooging van de ruimtelading door gereflecteerde electronen ook het inductie-effect belangrijk versterkt wordt. Naast deze ongewenschte werkingen biedt de verhooging van de ruimtelading ook een voordeel: door de herhaalde reflecties, waarbij aan ieder electron herhaaldelijk de kans gegeven wordt om doorgelaten of gereflecteerd te worden, wordt de steilheid van het penthodegedeelte vergroot.

Om de boven behandelde bezwaren van de octode te ondervangen, werd in dit laboratorium een gewijzigde constructie ontworpen, waarbij is belet, dat de aan het signaalrooster gereflecteerde electronen het oscillator-gedeelte kunnen bereiken. Hierdoor wordt de frequentieverschuiving practisch opgeheven en het inductie-effect belangrijk gereduceerd. Daartegenover staat, dat men de gereflecteerde electronen nu ook niet meer nuttig kan gebruiken voor een vergrooting van de steilheid van het penthodegedeelte. Door de nieuwe constructie werden echter, zooals wij later nog zullen zien, nieuwe mogelijkheden geopend om deze steilheid groot te maken, zoodat de steilheid van de nieuwe octode in werkelijkheid zelfs iets grooter is dan die van het vroegere type.

De vierbundeloctode

Uit bovenstaande beschouwingen is gebleken, dat, wil men de frequentieverschuiving bij het regelen van de vóórspanning van het signaalrooster vermijden, de octode moet voldoen aan de eischen, dat ten eerste de anodestroom van het oscillatorgedeelte en ten tweede de capaciteiten der oscillator-

---

[2]) De invloed van de capaciteit van de roosters *1* en *2* op de oscillatorfrequentie is uit fig. 1 af te leiden. De capaciteit van rooster *2* is direct, die van rooster *1* via de wederzijdsche inductie *M* parallel geschakeld met de capaciteit *C* van de oscillatorkring. Een vergrooting veroorzaakt dus een verlaging van de resonantie-frequentie. De invloed van de steilheid op de oscillatorfrequentie is nader uiteengezet in het artikel: Het gedrag van versterkerbuizen bij zeer hooge frequenties, Philips techn. T. **3**, 104, 1938 (vgl. blz. 106 - 108).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

electroden onafhankelijk moeten zijn van de spanning van het tweede stuurrooster.

De toestand in het oscillatorgedeelte zal dan pas geheel onafhankelijk van het gebeuren in het penthodegedeelte der lamp kunnen zijn, indien de electronenbanen van beide gedeelten geheel gescheiden zijn. Dit werd bereikt, door de van de kathode uitgezonden electronenstroom te verdeelen in vier gescheiden bundels, waarvan twee gericht zijn naar het oscillator-gedeelte en twee naar het penthode-gedeelte.

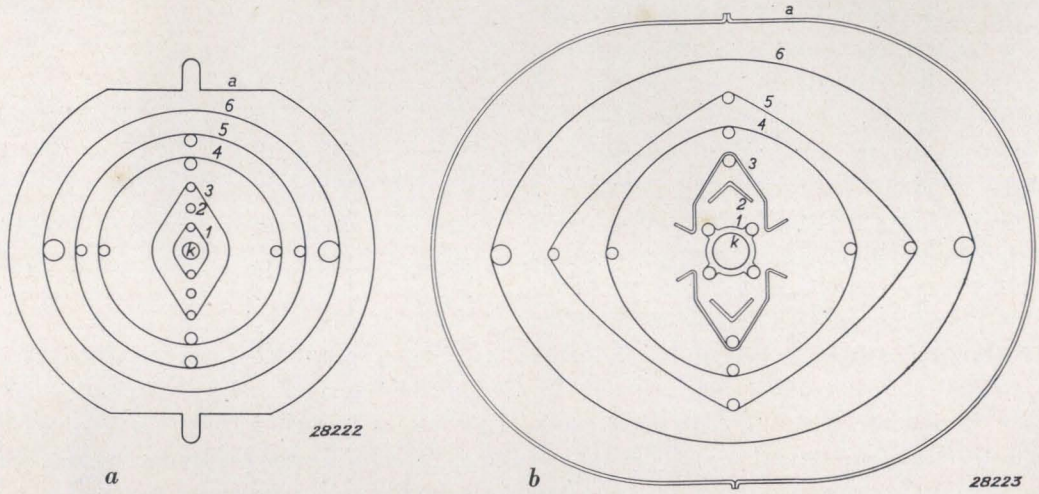


Fig. 3. a) Opstelling van de electroden in de octode EK 2. *k* kathode, *1* oscillatorrooster, *2* oscillatoranode, *3* eerste schermrooster, *4* signaalrooster, *5* tweede schermrooster, *6* remrooster, *a* anode.
b) Opstelling van de electroden in de vierbundeloctode EK 3. *k* kathode, *1* oscillatorrooster, *2* oscillatoranode, *3* schermelectrode, *4* signaalrooster, *5* schermrooster, *6* remrooster, *a* anode.

Het oscillatorgedeelte

In *fig. 3b* is de constructie van de vierbundeloctode weergegeven (ter vergelijking toont *fig. 3a* de constructie van een gewone uitvoering van de octode, type EK 2). Het oscillatorrooster *1* is, evenals de doorsnede van de kathode *k*, cirkelvormig. Door vier steunbalken aan dit rooster aan te brengen verkrijgt men vier scherp gescheiden bundels. Het rooster *2*, de oscillatoranode, is vervangen door twee plaatjes, welke twee van de bundels opvangen. De schermelectrode wordt gevormd door de twee schermen *3*, die op een positieve spanning van ongeveer 100 V ten opzichte van de kathode worden gehouden. De beide gedeelten van de lamp, waarin de oscillatorstroom loopt, zijn op deze wijze vrijwel afgesloten van de rest van de lamp.

Tusschen de beide helften van de schermelectrode *3* zijn twee smalle spleten open gelaten voor de beide andere bundels, die naar het penthodegedeelte van de lamp gericht zijn. Door deze spleten treedt dus een stroom naar buiten, waarvan de intensiteit afhankelijk is van de spanning op het oscillatorrooster. De electronen, die zich door de spleet naar het signaalrooster *4* bewegen, worden door de opstaande kanten van het positieve scherm aangetrokken, zoodat ze afgebogen worden en een waaiervormige electronenbundel vormen. Wordt een electron nu door het signaalrooster teruggekaatst en is zijn afbuiging voldoende groot, dan zal het zijn uitgangspunt niet meer bereiken, doch door het positieve scherm *3* worden opgevangen. Terugkeerende electronen kunnen dus niet meer in de buurt van het oscillatorrooster komen en hun wordt aldus belet een capacitieve invloed op dit rooster uit te oefenen.

In *fig. 4* zijn de banen weergegeven, die de electronen beschrijven in de ruimte tusschen de roosters *3* en *4*. Door de vorm van de schermelectrode *3* en van het signaalrooster *4* geschikt te kiezen is te bereiken, dat electronen, die slechts weinig naast de middellijn van de spleet uitreden, reeds vol-

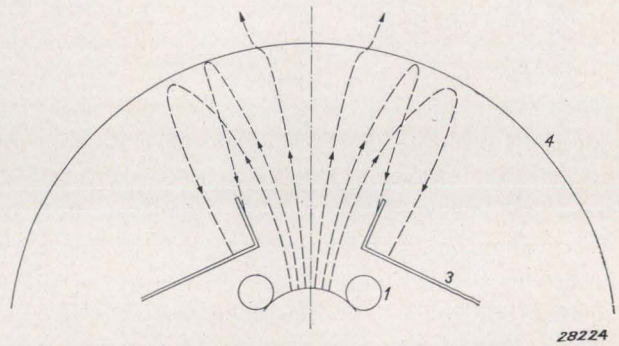


Fig. 4. Baan van de electronen tusschen de schermelectrode *3* en het signaalrooster *4* van de vierbundeloctode. De electronen worden bij de reflectie dusdanig afgebogen, dat zij door het scherm *3* worden opgevangen. De weinig afgebogen electronen passeeren het rooster *4*, terwijl de sterk afgebogen electronen gereflecteerd worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

doende afgebogen worden om niet meer naar de spleet terug te keeren. De electronen, welke de spleet nagenoeg in het midden passeeren en anders onvoldoende afgebogen zouden worden, worden door de steunbalk van het signaalrooster *4* (zie fig. *3b*) verstrooid, zoodat ook van deze electronen slechts een zeer gering gedeelte weer naar het oscillator-gedeelte terug kan keeren.

De steilheid van het penthodegedeelte

Zooals reeds werd gezegd, kon men verwachten, dat de steilheid van het penthodegedeelte bij de nieuwe constructie minder groot zou zijn dan bij de vroegere uitvoeringsvorm. Het was dus van belang, aandacht te besteden aan de verschillende andere factoren, die de steilheid in gunstige zin beïnvloeden.

Bij een nadere beschouwing van de electronenbanen in fig. 4 zal opvallen, dat de electronen, welke het minst afgebogen worden, in het door de figuur voorgestelde geval het rooster *4* passeeren, terwijl de sterk afgebogen electronen reeds op een duidelijk zichtbare afstand vóór het rooster *4* omkeeren. Dit was ook te verwachten, want met toenemende afbuiging wordt een steeds grooter gedeelte van de energie van de electronen gebruikt voor een beweging, evenwijdig aan het vlak van het signaalrooster, zoodat een steeds kleiner gedeelte van de energie beschikbaar blijft om het potentiaalverschil tusschen de schermelectrode *3* en het signaalrooster *4* te overwinnen.

Met toenemende spanning op het signaalrooster wordt dus een steeds grooter deel van de electronenbundel doorgelaten. De steilheid zal nu grooter zijn, naarmate het spanningsinterval kleiner is tusschen de roosterspanning, waarbij juist het centrum van de bundel het rooster *4* kan passeeren, en de spanning, waarbij de geheele bundel doorgelaten wordt.

Om nu de steilheid groot te maken ligt het voor de hand het rooster *4* een zoodanige vorm te geven, dat ook bij de afgebogen electronen geen beweging evenwijdig aan het signaalrooster optreedt, zoodat alle electronen dezelfde energie beschikbaar hebben om het potentiaalverschil tusschen schermelectroden en signaalrooster te overwinnen. Dit is inderdaad mogelijk, zooals *fig. 5* laat zien. De electronen loopen loodrecht tegen het roostervlak aan en worden allen op dezelfde zeer kleine afstand van het roostervlak teruggekaatst. Bij een iets hoogere „kritische" waarde van de roosterspanning zouden alle electronen juist doorgelaten worden en de steilheid van het model zou bij deze waarde van de signaalroosterspanning oneindig groot zijn. In werkelijkheid wordt de steilheid natuurlijk beperkt, doordat ten eerste de electronen niet precies dezelfde energie hebben, omdat ze de kathode met verschillende beginsnelheden (temperatuurbeweging) verlaten; ten

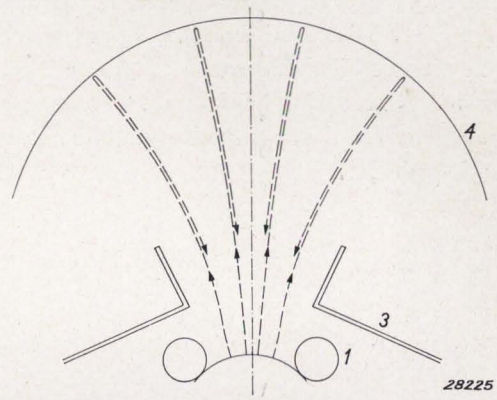


Fig. 5. Baan van de electronen in de vierbundeloctode, indien het signaalrooster *4* zoo is gevormd, dat het door de electronen loodrecht getroffen wordt. De electronen keeren naar de spleet terug en worden niet door het schermrooster *3* opgevangen.

tweede, omdat de potentiaalverdeeling in het signaalroostervlak niet gelijkmatig is, maar de potentiaal tusschen de roosterdraden hooger is dan dichtbij de roosterdraden en ten derde, omdat de onderlinge wisselwerking van de electronen (ruimtelading) in het model verwaarloosd is. Niettegenstaande deze afwijkingen kan men verwachten, dat met de oneindig groote steilheid in het model een maximale steilheid van de werkelijke uitvoering correspondeert.

Deze methode om een groote steilheid te verkrijgen heeft echter een ernstig bezwaar; de electronen doorloopen nl., zooals fig. 5 laat zien, juist doordat ze loodrecht gereflecteerd worden, bij de terugweg dezelfde baan als bij de heenweg, zoodat ze ook weer tot hun uitgangspunt, de spleet, terugkeeren en de afbuiging heelemaal niet het gewenschte effect heeft. De tangentiëele beweging is dus essentiëel noodzakelijk om de teruggekaatste electronen van de spleet weg te voeren.

Derhalve werd dit probleem op een andere wijze opgelost, door nl. niet de vorm van het signaalrooster te veranderen maar de potentiaalverdeeling langs het roostervlak. Dit is mogelijk, daar deze potentiaal niet alleen afhangt van de signaalroosterspanning zèlf, maar ook van de spanning en de afstand van het daarachter gelegen schermrooster *5*. Zooals uit fig. *3b* blijkt, nadert dit schermrooster met toenemende afstand van de middellijn van de spleet steeds meer het signaalrooster, zoodat daar, waar de sterk afgebogen electronen het signaalrooster bereiken de effectieve potentiaal hooger is dan in de nabijheid van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

middellijn. De sterk afgebogen electronen, welke minder energie beschikbaar hebben om tegen het potentiaalverschil op te loopen, behoeven dus een minder sterk tegenveld te overwinnen.

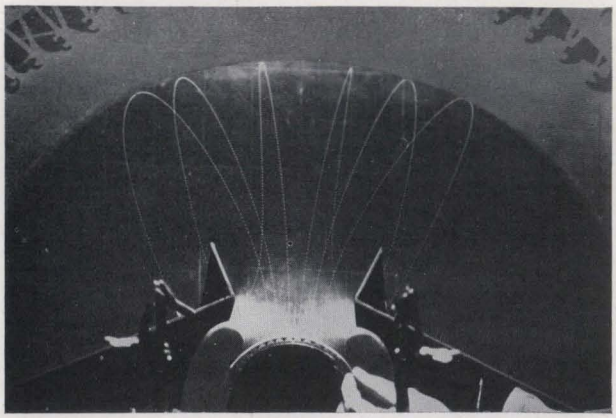


Fig. 6. Foto van de baan der electronen, genomen bij een model van een vierbundeloctode met „aangepaste" potentiaalverdeeling langs het signaalrooster. Alle electronen kunnen, evenals in fig. 5, bij eenzelfde kritische spanning juist het rooster *4* bereiken; ze worden echter niet naar de spleet teruggestuurd, maar verspreid en door de schermelectrode *3* opgevangen.

De potentiaalverdeeling kan nu dusdanig gekozen worden, dat de „kritische" stuurroosterspanning op alle plaatsen van het rooster dezelfde is. *Fig. 6* is een foto van de electronenbanen, die dan verkregen worden. Deze foto is gemaakt met behulp van een reeds eerder in dit tijdschrift beschreven mechanisch model, waarbij de electronen vervangen zijn door rollende kogeltjes [3]). De electronen hebben zeer verschillende tangentiële snelheidscomponenten, maar bereiken tóch allen juist het stuurroostervlak, keeren dan terug en worden door het scherm *3* opgevangen.

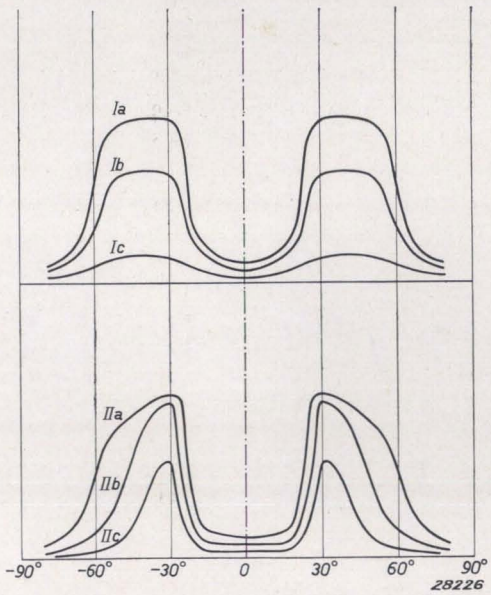


Fig. 7. Stroomverdeeling over de anode van de vierbundeloctode:
I de potentiaal in het vlak van het rooster *4* is aangepast aan de snelheid van de electronen,
II de potentiaal is niet aangepast.
a Spanning van het signaalrooster 0 V
b „ „ „ „ — 2 V
c „ „ „ „ — 3,5 V

In *fig. 7* is de stroomverdeeling langs de anode van een lamp met aangepaste potentiaal langs het signaalrooster weergegeven en vergeleken met die van een lamp, waarbij de potentiaal in het vlak van het signaalrooster constant was. De afstand van twee op elkaar volgende krommen is een maat voor de steilheid. Hier komt goed uit, dat de signaalroosterspanning, waarbij voor de stroom naar een bepaalde plaats van de anode de grootste steilheid zou optreden, in het laatste geval langs de anode verschillend is en wel toeneemt met toenemende afbuiging van de electronen. In de lamp met aangepaste potentiaalverdeeling is dit niet het geval. Bovendien is bij een aangepaste potentiaalverdeeling de stroomdichtheid langs de anode tot afbuigingshoeken van 50° nagenoeg constant, behalve voor afbuigingshoeken kleiner dan 25°, waar de anode sterk afgeschermd wordt door de reeds eerder genoemde steunbalk in het rooster *4*.

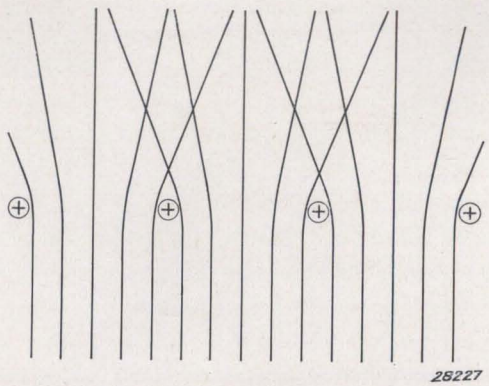


Fig. 8. Afbuiging van de electronen aan een rooster met positieve spanning. De electronen loopen achter het rooster kris kras door elkaar.

Voor de aanpassing van de potentiaalverdeeling langs het signaalrooster is de spleetvormige uitvoering van de schermelectrode *3* een belangrijke voorwaarde. Zou men in plaats van de schermelectrode bijv. een draadrooster nemen, dan zouden de electronen ook afgebogen worden en met verschillende snelheden op het signaalrooster aankomen. De afgebogen electronen zouden echter kris kras door elkaar loopen (zie *fig. 8*) met als gevolg, dat op elk punt van het signaalrooster electronen met verschillende loodrechte component van de snelheid aankomen, zoodat het niet meer

[3]) Philips techn. T. 2, 338, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

mogelijk zou zijn aan iedere plaats éénduidig een bepaalde waarde van de kritische potentiaal toe te kennen.

Karakteristieke eigenschappen van de vierbundeloctode

In *fig. 9* is de stroom naar de oscillatoranode *2* van de vierbundeloctode weergegeven als functie van de spanning op het signaalrooster *4*. Het blijkt, dat de oscillatorstroom volkomen onafhankelijk is

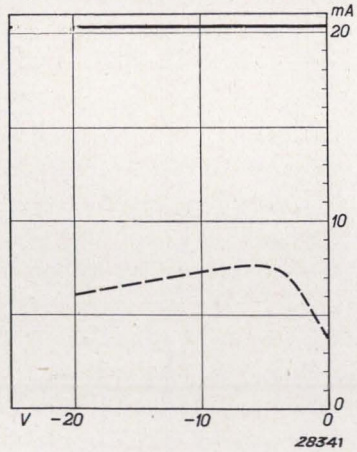


Fig. 9. Stroom van de oscillatoranode *2* als functie van de spanning van het signaalrooster *4*. Getrokken lijn: vierbundeloctode, gestippelde lijn: octode EK 2.

van de roosterspanning in het penthodegedeelte, in tegenstelling tot de gestippeld bijgeteekende oscillator-anodestroom van de octode EK 2.

In *fig. 10* is de verandering van de capaciteit van het oscillatorrooster ten opzichte van de overige electroden weergegeven als functie van de spanning van het signaalrooster. Ook hier heeft de getrokken lijn betrekking op de vierbundeloctode, de gestippelde lijn op de octode EK 2. Het blijkt, dat de capaciteitsvariatie op ongeveer het vierde gedeelte gereduceerd is.

De twee oorzaken voor een frequentieverschuiving van de oscillator zijn dus bij de vierbundeloctode voldoende opgeheven. Maar ook in andere opzichten is het oscillatorgedeelte belangrijk verbeterd.

Ten eerste is de steilheid belangrijk vergroot, ten tweede is de looptijd van de electronen van de kathode naar de oscillatoranode verkort, omdat de electronen een rechte baan kunnen volgen. Dit was bij de vroegere constructie volgens fig. 3*a* niet mogelijk, omdat de steunstaaf van het rooster *1* in de weg stond.

Tengevolge van de grootere steilheid is bij gebruik van dezelfde spoelen de terugkoppeling intensiever, zoodat men met minder terugkoppelwindingen een voldoend groote oscillatorspanning kan verkrijgen. Hierdoor is de minimale capaciteit van de trillingskring geringer, zoodat de verhouding tusschen de langste en de kortste golflengte van het bereik, dat met een volle draaiïng van de condensator kan worden bestreken, grooter is. Bovendien is, vooral in het gebied der korte golven, de frequentieverandering bij netspanningsschommelingen geringer, omdat door de verkorting van de looptijden der electronen de invloed hiervan op de oscillatorfrequentie kleiner is.

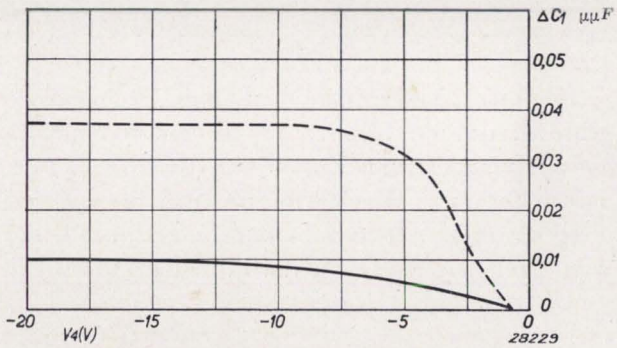


Fig. 10. Verandering van de capaciteit van het oscillatorrooster als functie van de spanning van het signaalrooster. Getrokken lijn: vierbundeloctode, gestippelde lijn: octode EK 2.

Daar de ruimtelading tusschen de beide roosters *1* en *4* geringer is, zal, zooals boven reeds opgemerkt, ook het inductie-effect in mindere mate aanwezig zijn, terwijl het resteerende effect nog kleiner kan worden gemaakt door deze roosters te verbinden door middel van een serieschakeling van een condensator en weerstand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

LAGE DRUK KWIKONTLADING MET LUMINESCEERENDE WAND

door W. UYTERHOEVEN en G. ZECHER. 537.525.8 : 621.327.3 : 535.37

Zuilontladingen in kwik met lage druk leenen zich, wegens de sterke ultraviolette resonantielijn 2537 Å, bijzonder goed voor het opwekken der luminescentie van zinksilicaat en andere fosforen. In dit artikel wordt het proces dezer lichtopwekking besproken, alsook de verschillende factoren, die het rendement bepalen. Behandeld worden verder de toepassingen der fosforen voor verbetering van het rendement en van de kleur, en voor het flikkervrij maken van wisselstroomontladingen.

Bij de bespreking in een voorgaand artikel [1]) van de lichtemissie der positieve zuil werden enkele gevallen behandeld, waarbij een belangrijk gedeelte van de toegevoerde electrische energie direct, door aanslag van gunstig gelegen niveaus, in zichtbaar licht werd omgezet. Naast de zichtbare spectraallijnen treden er echter vrijwel altijd ook andere op, die in het ultraviolette of infraroode gedeelte van het spectrum liggen, en dus niet rechtstreeks tot de lichtstroom bijdragen. Men heeft pogingen aangewend, om van deze onzichtbare straling toch profijt te trekken, en is daar voor het ultraviolette gedeelte in geslaagd door luminesceerende stoffen te gebruiken. Worden deze blootgesteld aan straling van een bepaald golflengtegebied, bijv. in het ultraviolet gelegen, dan zenden ze straling uit van een ander gebied met grootere golflengten, bijv. in het zichtbare gelegen. Luminesceerende stoffen werken dus als transformatoren voor straling, met de beperking, dat bij deze transformatie de golflengte der straling practisch altijd toeneemt (regel van Stokes) Op deze wijze is het mogelijk het rendement van bepaalde ontladingen belangrijk te verbeteren.

Het is gebleken, dat de productie van ultraviolette straling en de omzetting daarvan in zichtbaar licht met zulk een gunstig effect kan geschieden, dat ontladingen, die op zichzelf bijna geen licht uitzenden, daardoor lichtbronnen met een zeer goed rendement kunnen worden. Als voorbeeld zullen we de lage druk kwikontlading met luminesceerende wand nader bespreken, ons daarbij beperkende tot de zuil zelf. Diverse factoren, zooals bijv. ontsteking en schakeling, die voor het gebruiken van deze ontladingen als lampen zeer belangrijk zijn, blijven hierbij buiten beschouwing, daar ze op de physische verschijnselen, die in de zuil met fluoresceerende wand optreden, geen directe invloed hebben.

Luminesceerende stoffen

Het verschijnsel der luminescentie en de eigenschappen van verschillende stoffen, die dit vertoonen, zijn kortgeleden in dit tijdschrift nader beschreven [2, 3]). We zullen ons hier beperken tot die stoffen, welke als lichttransformator in de lage druk kwikontlading gebruikt worden. Hoofdzakelijk heeft men dan te maken met „bijmengsel-fosforen" en „fluoresceerend glas". Een typische bijmengsel-fosfor vindt men bijv. in het zinksilicaat. Het zinksilicaat is hier het zg. „grondmateriaal", dat door bijmengen van bijv. kleine hoeveelheden mangaan, de zg. „activator", na een bepaalde bewerking als luminesceerende stof werkt. Deze bewerking bestaat in hoofdzaak in een kristallisatie tengevolge van een verhitting op hooge temperatuur. *Fig. 1* geeft de emissie-

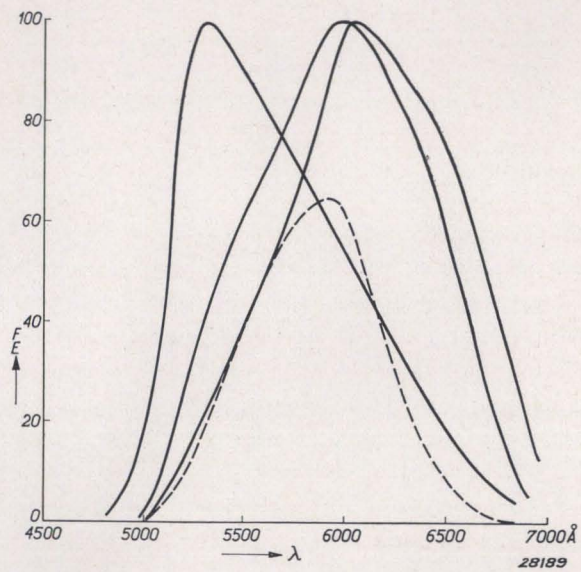


Fig. 1. Emissiekrommen: energie E als functie van de golflengte λ (getrokken lijnen; maximum = 100 gesteld) voor enkele zink-berylliumsilicaten, geactiveerd met mangaan, in een lage druk kwikontlading. De gestippelde lijn geeft de lichtsterkte F als functie van de golflengte voor de fosfor met energiemaximum bij 6050 Å. Bij de golflengte van maximale ooggevoeligheid is de lichtsterkte gelijk gesteld aan de energie.

krommen voor enkele met mangaan geactiveerde zink-berylliumsilicaten in een lage druk kwikontlading, waarbij de uitgestraalde energie als

[1]) W. Uyterhoeven, Philips' techn. T. **3**, 201, 1938.

[2]) W. de Groot, Philips techn. T. **3**, 129, 1938.

[3]) J. H. Gisolf en W. de Groot, Philips techn. T. **3**, 245, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

functie van de golflengte uitgezet is, het maximum gelijk aan 100 gesteld. Men ziet, dat de emissie over een groot golflengtegebied verdeeld is, hetgeen voor talrijke toepassingen van groot voordeel is. Om uit deze krommen de (relatieve) lichtemissiekrommen te bepalen, is het voldoende de ordinaten met de bijbehoorende waarden der relatieve ooggevoeligheid te vermenigvuldigen, zooals voor de kromme met het maximum bij 6050 Å uitgevoerd is (gestippelde lijn in fig. 1).

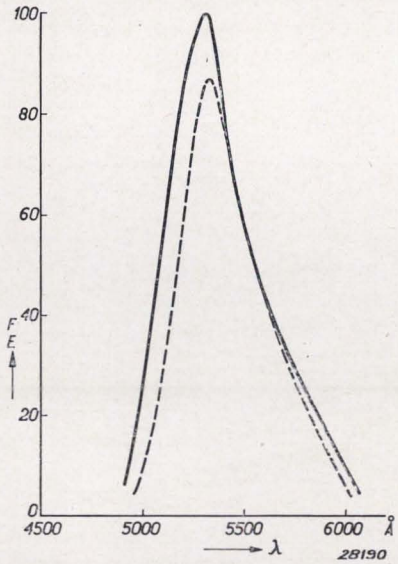


Fig. 2. Emissiekrommen: energie (getrokken; maximum = 100 gesteld) en licht (gestippeld) als functie van de golflengte voor uraanglas, bestraald met het licht van een lage druk kwikontlading.

Een typisch luminesceerend glas is bijv. het uraanglas, waar het bepaalde molecuulgroepen van de toegevoegde uraanverbinding zijn, die luminescentie veroorzaken. In *fig. 2* vindt men de relatieve emissiekrommen als functie van de golflengte voor het uraanglas in een lage druk kwikontlading. Voor nadere bijzonderheden verwijzen we naar de reeds genoemde artikelen. Ook andere bijmengsels, zooals koper- en tinverbindingen, kunnen het glas sterk fluoresceerend maken.

Lichtproductie in luminesceerende zuilontladingen

De productie van zichtbaar licht in positieve zuilen met fluoresceerende stoffen is een vrij gecompliceerd proces, waarbij we verschillende achtereenvolgende stappen kunnen onderscheiden. In de eerste plaats heeft men de productie van de ultraviolette straling in de ontlading, daarna komt de absorptie van deze straling door de luminesceerende laag, die na een korteren of langeren tijd een gedeelte van de geabsorbeerde energie als zichtbaar licht afgeeft. Bij elk van deze stappen, waaruit de omzetting van de aan de ontlading toegevoerde electrische energie in zichtbaar licht bestaat, zal er in het algemeen een zeker verlies optreden. Toch is het gebleken, dat men buitengewoon gunstige rendementen kan bereiken, en wel uitgedrukt op de gebruikelijke wijze in uitgestraalde lumen per toegevoerde watt, tot 100 lm/W toe. Wij willen nu nader bekijken, hoe dit gunstige rendement tot stand komt.

De eerste stap in het proces der lichtopwekking is de productie der ultraviolette straling, die bij de lage druk kwikontlading hoofdzakelijk uit de resonantielijn 2537 Å (ten deele ook uit de resonantielijn 1850 Å) bestaat.

In *fig. 3* vindt men de relatieve energieverdeeling voor een typische kwikontlading met lage druk, waarbij naast de lijn 2537 Å, waarvan de intensiteit gelijk aan 100 gesteld is, nog enkele lijnen met grootere golflengten aangegeven zijn. Men zal, om een goed rendement van de opwekking der resonantielijn te verkrijgen, de ontlading met kleine stroomdichtheid laten plaatsgrijpen. Een gevolg daarvan is, dat het per cm lengte opgenomen vermogen (en dus ook de geproduceerde lichtstroom) klein is, en de buis een geringe helderheid vertoont. Een lamp met luminescentie, opgewekt door de ultraviolette straling der lage druk kwikontlading, zal dus vooral in betrekkelijk kleine eenheden, van bijv. 25 watt, worden uitgevoerd. Bij geschikte keuze van de kwikdampdruk (dwz. de temperatuur), de buisdiameter en de ontladingsstroom kan men ongeveer de helft der per cm buislengte toegevoerde electrische energie omzetten in straling met een golflengte van 2537 Å. Wil men een luminesceerende stof tot lichten brengen met straling uit het nabijgelegen ultraviolet, bijv. in de buurt van 3600 Å,

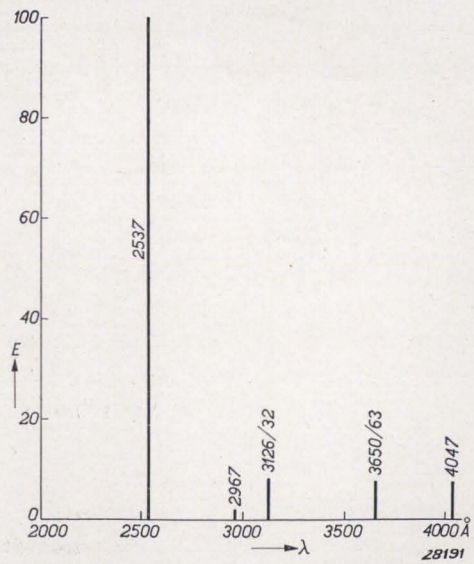


Fig. 3. Relatieve energieverdeeling eener typische lage druk kwikontlading; intensiteit der lijn 2537 Å gelijk aan 100 gesteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dan zal men bij voorkeur een kwikontlading met hooge of zeer hooge druk gebruiken. Voor deze lijnen gelden evenals voor de zichtbare kwiklijnen de in het aangehaalde artikel [1]) gegeven beschouwingen, volgens welke voor een economische productie dezer lijnen hooge druk en stroomdichtheid gewenscht zijn.

Om de geproduceerde ultraviolette straling volledig te gebruiken, moet ze ook door de luminesceerende laag volledig geabsorbeerd worden; deze mag dus niet te dun zijn. Het is echter niet altijd mogelijk een voldoend dikke laag te gebruiken, daar een dikke laag op de binnenwand van een buis gemakkelijk loslaat. Ook kan het gebeuren, dat de fosfor zijn eigen straling te veel absorbeert, waardoor licht verloren gaat. In deze gevallen kan men een dunne luminesceerende laag toepassen, en inplaats van gewoon glas een fluoresceerend glas gebruiken; de niet door de fosfor geabsorbeerde ultraviolette straling wordt dan in het glas alsnog in zichtbare straling omgezet.

Rendement der luminescentie

Voor het bepalen van het rendement bij de omzetting van de door de fosfor geabsorbeerde ultraviolette straling in zichtbaar licht kan men verschillende wegen inslaan. Men kan zich afvragen, hoeveel zichtbare lichtquanta er per 100 geabsorbeerde ultraviolette quanta worden uitgezonden. Zijn dit er bijv. 80, dan bedraagt het „quanta-rendement" 80%. Dergelijke waarden komen inderdaad voor, zelfs tot 100% toe.

Zelfs indien het quanta-rendement 100 % bedraagt, is de verhouding van de als zichtbaar licht uitgestraalde energie tot de als ultraviolette straling geabsorbeerde energie, het „energie-rendement", belangrijk kleiner dan 1. Immers, indien er voor elk ultraviolet quantum met frequentie ν_1 één zichtbaar met frequentie ν_2 geproduceerd wordt, waarbij $\nu_2 < \nu_1$, dan is de energieverhouding $h\nu_2/h\nu_1 = \nu_2/\nu_1$, daar volgens de formule van Planck van een stralingsquantum met frequentie ν, de energie $h\nu$ bedraagt. Aangezien de golflengte omgekeerd evenredig is met de frequentie is het energierendement: $\nu_2/\nu_1 = \lambda_1/\lambda_2$. Men vindt zoodoende, wanneer de geabsorbeerde golflengte bijv. $\lambda_1 = 2537$ Å en de geëmitteerde golflengte $\lambda_2 = 5550$ Å bedraagt, voor het energierendement $\lambda_1/\lambda_2 = 2537/5550 = 0{,}46$.

Wil men tenslotte het rendement in lumen per watt uitdrukken, dan moet men rekening houden met de ligging en de vorm van de emissiekromme der energie ten opzichte van de ooggevoeligheidskromme. De hoogste lichtopbrengst bij gegeven energierendement verkrijgt men met een smalle emissiekromme, die een maximum heeft in de omgeving van de golflengte $\lambda = 5550$ Å der maximale ooggevoeligheid. De kleur van het door de fosfor uitgezonden licht is dan echter uitgesproken groen, wat voor sommige toepassingen ongewenscht kan zijn.

Het volgende getallenvoorbeeld moge eenig idee geven van de met de tegenwoordig gebruikte fosforen gemakkelijk bereikbare resultaten. We nemen aan, dat van de in de zuil verbruikte electrische energie 50 % in straling met golflengte 2537 Å wordt omgezet, dat het „quanta-rendement" 1 en het „energierendement" 50/100 bedraagt [4]) en per watt in het zichtbare 200 lm verkregen wordt. Men vindt dan voor het totale rendement der omzetting

$$\frac{50}{100} \cdot 1 \cdot \frac{50}{100} \cdot 200 = 50 \text{ lm/W}.$$

Aanpassen van ontlading en luminesceerende stof

Principiëel kan men voor een gegeven fosfor de ontlading uitzoeken, waarvan de emissie in het ultraviolet gunstig ligt ten opzichte van het absorptiespectrum van de fosfor. Deze laatste absorbeert bij voorkeur een bepaald gebied, enkele honderden Å breed, in welk gebied de absorptie een maximum heeft. Zoo geeft *fig. 4* een sche-

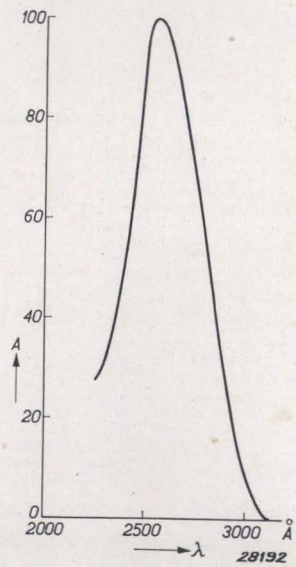


Fig. 4. Schematische voorstelling der absorptiekromme voor een zink-berylliumsilicaat, maximum gelijk aan 100 gesteld.

matische voorstelling van het absorptiespectrum van een zinkberylliumsilicaat, waarbij het maximum gelijk aan 100 gesteld is. Men ziet, dat de maximale absorptie in de buurt der lijn 2537 Å

[4]) Bij een nauwkeurige berekening moet men er rekening mee houden, dat het energierendement λ_1/λ_2 niet voor alle golflengten λ_2 van de emissieband hetzelfde is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

optreedt, hetgeen van voordeel kan zijn, daar de luminesceerende laag bij gebruik dezer golflengte dan de minimale dikte kan hebben. In het geval der silicaten en wolframaten, al of niet met metalen geactiveerd, kan men in het algemeen zeggen, dat hun absorptiegebied in het ultraviolet bij golflengten kleiner dan 3000 Å ligt. Voor deze is dus de kwikontlading met lage druk, met de sterke lijn 2537 Å, de aangewezen stralingsbron voor de lichtopwekking. De fosforen, waarvan het grondmateriaal een of ander sulfide is, bijv. het groen lichtende met koper geactiveerde zinksulfide, worden echter met voorhebben. Op deze wijze krijgt men weliswaar zeer hooge rendementen, tot 100 lm/W toe, maar ook sterk gekleurde (groene) lichtbronnen. Voor een aantal toepassingen (bijv. buitenverlichting) is dit geen groot bezwaar. Voor reclameverlichting zal men zelfs opzettelijk diverse kleuren trachten te verkrijgen. Voor binnenverlichting echter is een min of meer natuurgetrouwe kleurweergave onontbeerlijk, zelfs al gaat dit ten koste van het rendement. In dit geval zal het aanpassen van de fosfor aan de ontlading dus daarin bestaan, dat de lichtemissie van de ontlading, samen met die van

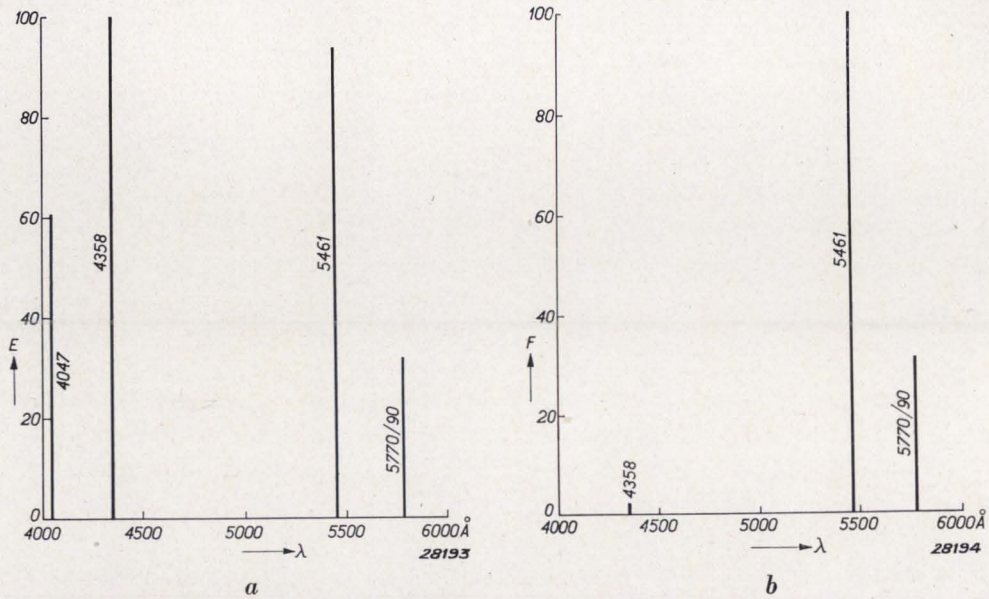


Fig. 5. Zichtbaar spectrum der kwikontlading met lage druk: *a*) relatieve energieverdeeling, *b*) relatieve lichtemissie, maxima gelijk aan 100 gesteld.

deel door bestraling met ultraviolet van groote golflengte ($\lambda = 3600$ Å) tot lichten gebracht. Hiervoor zijn de kwikontladingen met hooge en zeer hooge druk dus de aangewezen stralingsbronnen, daar deze in de omgeving van 3600 Å zeer sterke emissielijnen hebben.

In de practijk gaat men echter van een gegeven ontlading uit, en tracht een fosfor te vinden, die er bij past. Daarbij kan men zich verschillende doeleinden voor oogen stellen: rendementsverbetering of kleurverbetering. In het eerste geval zijn de voorwaarden, waaraan de luminesceerende stof moet voldoen, na het voorafgaande, wel vanzelfsprekend. Het maximum in de absorptiekromme van de fosfor moet in de buurt van het maximum der ultraviolette emissie van de stralingsbron liggen, bij lage druk kwikontladingen dus in de omgeving van 2537 Å. De emissiekromme van de fosfor, die liefst een zoo hoog mogelijk quantarendement heeft, moet het maximum in de omgeving der maximale ooggevoeligheid (bij $\lambda = 5550$ Å) de fosfor, een menglicht geeft, waarbij de kleurwaarneming voldoende natuurgetrouw is.

In *fig. 5 a* en *b* vindt men de samenstelling van het zichtbare spectrum der kwikontlading met lage druk, in fig. 5*a* de relatieve energieverdeeling en in fig. 5*b* de relatieve lichtemissie. De invloed der geringe ooggevoeligheid aan de uiteinden van het spectrum is duidelijk te zien bij vergelijking der twee diagrammen: wat energie betreft is de blauwe lijn 4358 Å de sterkste, wat licht aangaat is het de groene lijn 5461 Å.

Vakjesmethode voor kleurbepaling

Bij de ontwikkeling der lichtbronnen, bestaande uit een positieve zuilontlading met fluoresceerende wand, is de zg. „vakjesmethode" voor de kleurbepaling van zeer groot nut. Daar het uitmeten van volledige emissiekrommen een vrij omslachtig werk is, heeft men deze vervangen door een soort blokdiagrammen. Het geheele gebied van het zichtbare spectrum wordt daartoe onderverdeeld in acht

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

vakjes, begrensd door de volgende golflengten:

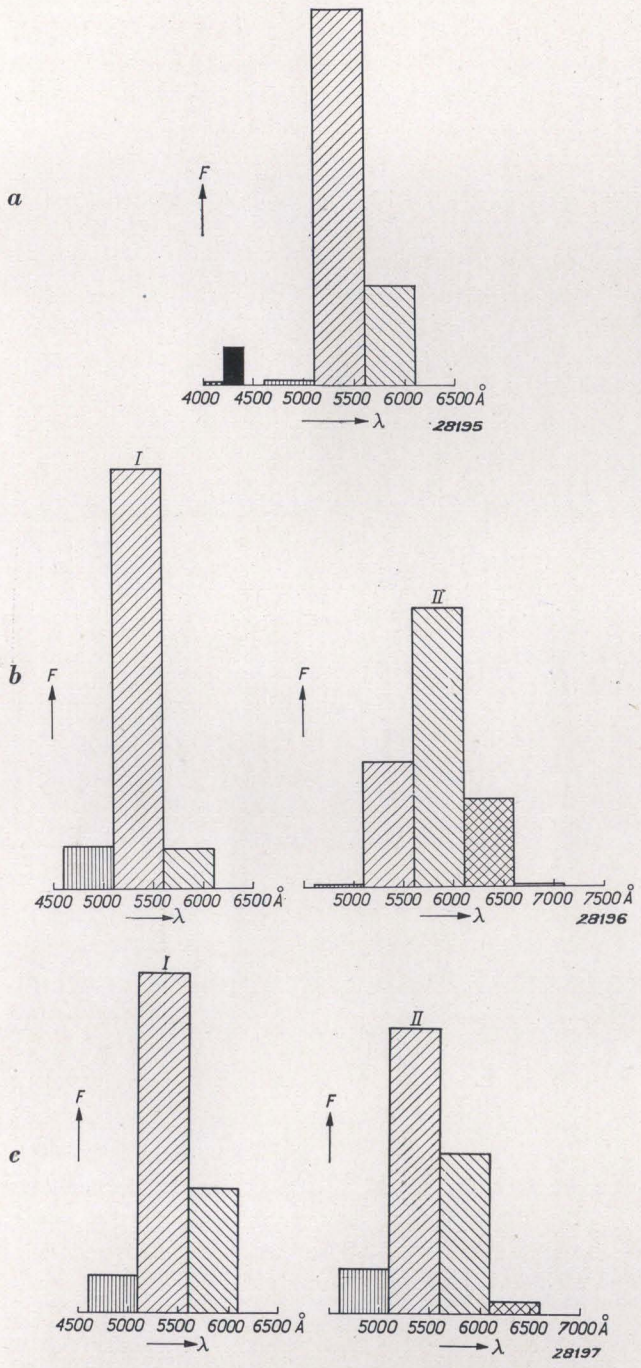


Fig. 6. Vakjesdiagrammen der lichtemissie voor *a*) een lage druk kwikontlading, *b*) twee fosforen: zinksilicaat (*I*) en zinkberylliumsilicaat (*II*), *c*) twee luminesceerende glazen: uraanglas (*I*) en een combinatie van koper- en uraanglas (*II*).

4000-4200-4400-4600-5100-5600-6100-6600-7200Å[5]). Van de te onderzoeken lichtbron wordt een spectrum ontworpen op een venster. In dit venster plaatst men verschillende diafragma's, die telkens slechts de golflengten doorlaten, die in één der acht vakjes hooren. Door een geschikte keuze van de hoogte van elk diafragma kan men er voor zorgen, dat de uitslag van galvanometer of electrometer tengevolge van de fotocelstroom evenredig is met de in elk vakje uitgezonden lichtstroom, waarbij dus rekening gehouden wordt met ooggevoeligheid en spectrale gevoeligheid der fotocel. Door middel van een lichtbron met bekende energieverdeeling, bijv. een wolfraambandlamp, kan de installatie geijkt worden.

In *fig. 6* zijn de volgens deze methode bepaalde vakjesdiagrammen voor enkele gevallen aangegeven. Fig. 6*a* stelt de lichtemissie van een lage druk kwikontlading voor, te vergelijken met de gegevens van fig. 5*b*. Het is duidelijk te zien op het vakjesdiagram, dat de lichtstroom in het groen (5100 - 5600 Å) het grootst is, dat er echter ook in het gele gebied (5600 - 6100 Å) een belangrijke en in het blauw (4200 - 4400 Å) een goed waarneembare bijdrage is. Daarnaast vindt men in fig. 6*b* vakjesdiagrammen voor de straling van een paar fosforen (zonder kwiklicht), nl. zinksilicaat (*I*) en

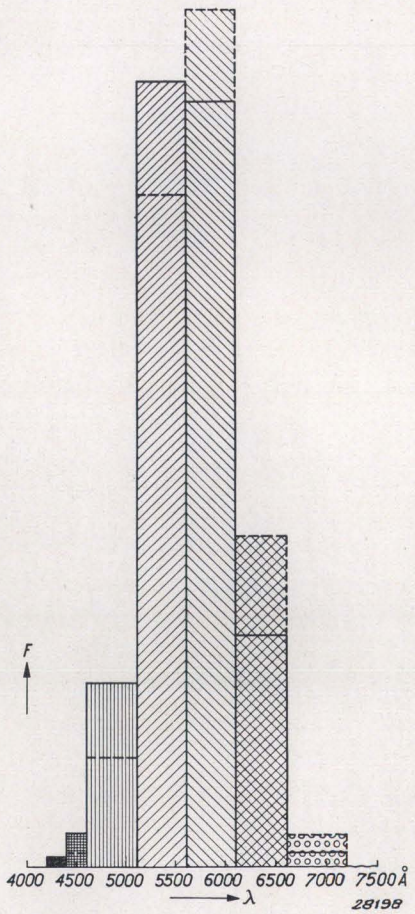


Fig. 7. Vakjesdiagram voor zonlicht (getrokken lijn) en gloeilampenlicht, Biarlitalamp 78 W (gestippelde lijn).

[5]) Over de vakjesmethode zie Philips techn. T. **2**, 1, 1937. De begrenzingsgolflengten zijn inmiddels iets gewijzigd en wel zoodanig, dat de kwiklijnen ongeveer in het midden der vakjes vallen, hetgeen de nauwkeurigheid der methode ten goede komt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zinkberylliumsilicaat (*II*) en in fig. 6*c* voor een paar fluoresceerende glazen, nl. uraanglas (*I*) en een combinatie van koperglas met uraanglas (*II*).

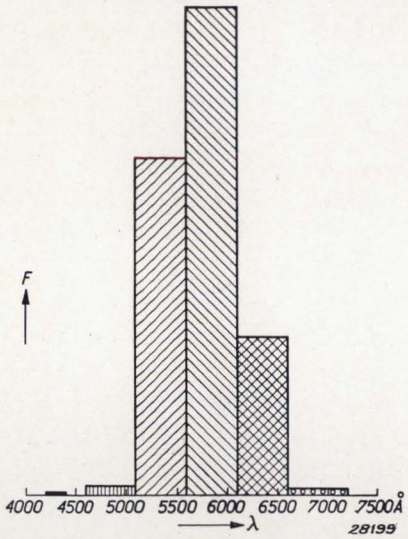


Fig. 8. Vakjesdiagram van het licht van een kwikbuis uit koper-uraanglas, bevattend zinkberylliumsilicaat.

Vooral bij het beoordeelen der resultaten van de combinatie van verschillende luminescerende stoffen is de vakjesmethode zeer nuttig. Indien men zich ten doel stelt een lichtbron te maken, die bijv. het zonlicht of het gloeilampenlicht benadert, begint men met het vakjesdiagram op te maken voor deze lichtbronnen, zooals is aangegeven in *fig.* 7. Bij de verschillende proeven kan men nu telkens quantitatief nagaan of de samenstelling van het licht aan de gestelde eischen voldoet en in welk gebied een eventueel tekort of teveel optreedt. Vergelijkt men bijv. de gestippelde lijn van fig. 7 met het diagram voor het zinkberylliumsilicaat van fig. 6*b*, dan ziet men, dat de emissie van de fosfor zonder het kwikspectrum al aardig het gloeilampenlicht benadert. Het kwiklicht zèlf draagt in dit geval slechts 15% tot de totale lichtstroom bij, zoodat de kleur practisch door de fosfor bepaald wordt. De combinatie van het licht van fosfor, glas en kwikontlading, zooals het door een practisch bruikbare lamp geleverd wordt, is tenslotte in *fig. 8* weergegeven.

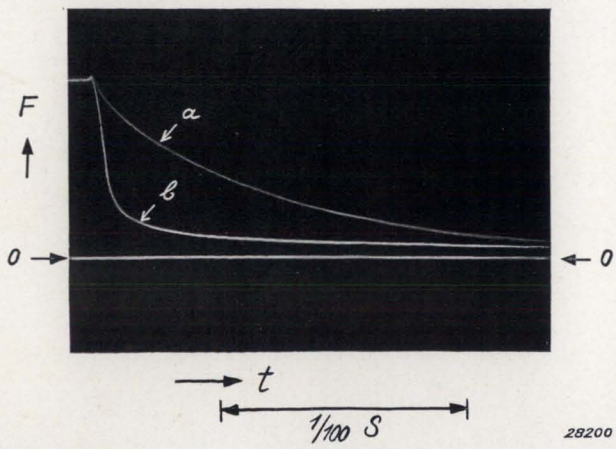


Fig. 9. Verloop der lichtintensiteit na beëindigen van de bestraling met ultraviolet: *a*) voor een silicaat-fosfor, *b*) voor een sulfide-fosfor.

Flikkervrij maken van wisselstroom-lichtbronnen

In het voorgaande is er alleen gesproken over de eigenschap der luminescerende stoffen, die we als „lichttransformatie" aangeduid hebben. Daarnaast kunnen een aantal dezer stoffen ook

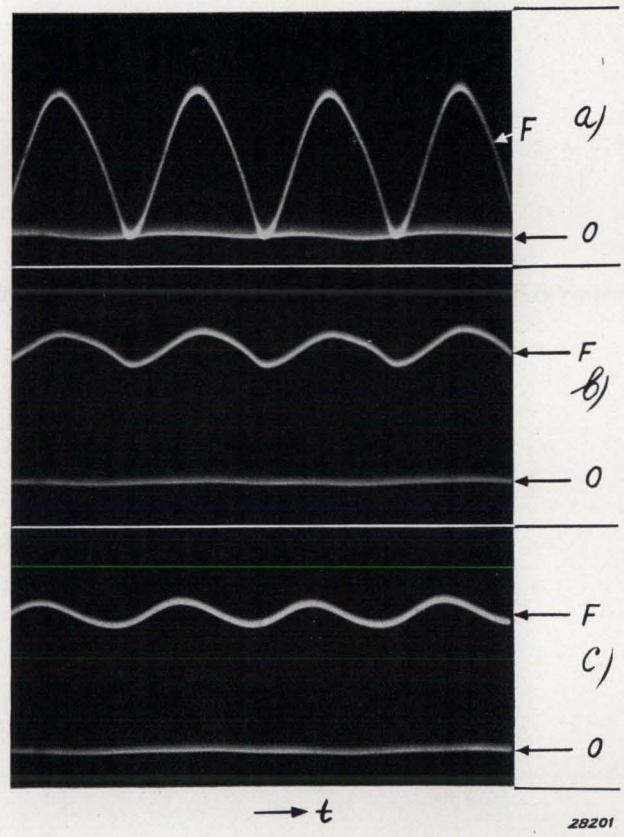


Fig. 10. Lichtverloop bij wisselstroom (50 per): *a*) lage druk kwikontlading, *b*) lage druk kwikontlading met cadmium-silicaatfosfor, *c*) gasgevulde gloeilamp (Biarlita 78 W).

als „lichtaccumulator" optreden, dwz. ze lichten niet alleen, terwijl ze bestraald worden, maar ook nog eenigen tijd, nadat de bestraling heeft opgehouden. De fosfor kan de geabsorbeerde energie dus eenige tijd bewaren om haar dan pas geleidelijk af te geven. De tijd, gedurende welke de fosfor nalicht, variëert sterk van de ééne stof tot de andere. *Fig. 9* geeft het verloop van de lichtemissie na ophouden van de bestraling, voor twee typen fosforen: silicaten (*a*) en sulfiden (*b*). Vooral de silicaten vertoonen dit nalichten, de wolframaten daarentegen practisch niet.

Het verschijnsel van het nalichten der fosforen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kan men nu gebruiken om het flikkeren bij wisselstroomlampen te verminderen. Bij het omkeeren van de stroomrichting is de stroom korten tijd nul en worden er practisch geen atomen aangeslagen, zoodat ook de lichtemissie nul wordt, daar het nalichten van de ontlading meestal te verwaarloozen is. Zoo geeft *fig. 10a* het verloop van het licht met de tijd in een lage druk kwikontlading. In elke halve periode heeft dit verloop practisch de vorm van een sinusoïde, waarbij de oogenblikken, waarop het licht nul is, correspondeeren met die, waarop de stroom door nul gaat. Dit periodiek veranderen van de lichtintensiteit kan in bepaalde gevallen, vooral bij binnenverlichting, zeer hinderlijk zijn. Neemt men echter op analoge wijze het verloop op van het licht van een lage druk kwikontlading, waarvan de wand met een luminesceerende laag (een cadmiumsilicaat) bedekt is, dan verkrijgt men het diagram van *fig. 10b*. De fluctuatie in het licht is nu gereduceerd tot een rimpel, die veel kleiner is dan de gemiddelde constante waarde waarop zij gesuperponeerd is. Als maat voor de onregelmatigheid kan men bijv. de verhouding van het verschil tusschen maximum en minimum tot de waarde van het minimum kiezen. In het geval van fig. 10*b* bedraagt de op deze wijze gedefiniëerde onregelmatigheid ongeveer 0,25. Het is gebleken, dat onder de hier geldende omstandigheden een dergelijke waarde voor de onregelmatigheid zonder eenig bezwaar aanvaard kan worden. Ter vergelijking vindt men in *fig. 10c* het verloop van het licht van een gasgevulde gloeilamp (Biarlita 78 W), waarbij de onregelmatigheid ongeveer 0,15 bedraagt.

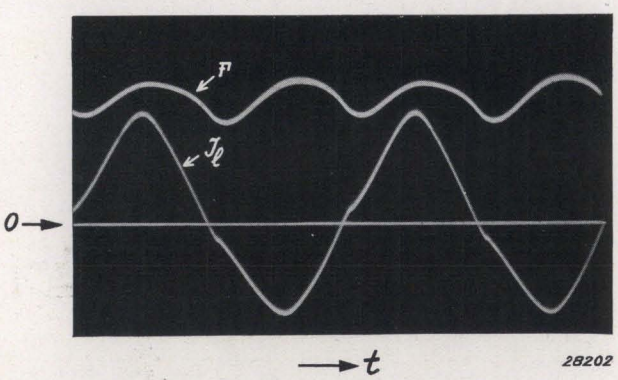


Fig. 11. Verloop met de tijd t van ontladingsstroom I_l en lichtstroom F (som van kwik- en luminescentielicht) voor een lage druk kwikontlading met zinkberylliumsilicaat-fosfor (50 per/s).

Tenslotte geeft *fig. 11* het verloop met de tijd van de ontladingsstroom I_l, waarmee de intensiteit der lijn van 2537 Å vrijwel evenredig is, en van de gecombineerde lichtstroom F van kwik- en luminescentielicht van een buis bevattende zinkberylliumsilicaat. Duidelijk ziet men, dat tusschen de maxima van I_l en F een zekere faseverschuiving bestaat, die het overbruggen van het lichtminimum in de stroomlooze periode vergemakkelijkt. De oorzaak der faseverschuiving ligt in wat men als omkeering van het nalichten zou kunnen beschouwen. Bij bestraling met een gegeven, niet al te groote, intensiteit der ultraviolette straling, duurt het een eindige tijd, voordat de fosfor ten volle aanspreekt en de lichtemissie zijn maximale waarde bereikt, waardoor het lichtmaximum eenigszins naijlt bij het ultravioletmaximum.

OVER DE TREKVASTHEID VAN NEERGESMOLTEN LASCHMATERIAAL

door J. SACK.

539.412 : 621.791.052

In dit artikel wordt betoogd, dat het tegenwoordig onjuist is om, zooals soms geschiedt, in bestekken als eisch een bovenste grens voor de trekvastheid van het neergesmolten metaal te verlangen. Deze eisch is ontstaan uit een onderstelde samenhang tusschen het verloop van trekvastheid en brosheid van het materiaal met zijn samenstelling. Dit verband is inderdaad wel juist voor de reeds langere tijd bekende gewone koolstofhoudende staalsoorten, maar niet meer voor de moderne laschmaterialen. Thans kan het stellen van deze eisch slechts tot gevolg hebben, dat bij het lasschen gebruik wordt gemaakt van laschstaven van minder goede kwaliteit, dan het geval zou zijn bij het achterwege laten van deze verouderde eisch.

Inleiding

In een bestek moeten de minimale voorwaarden worden vermeld, waaraan een levering moet voldoen. Wat betreft laschstaven voor het vervaardigen van verbindingen in ijzer en staal geeft het bestek in het algemeen verschillende eischen op omtrent de mechanische eigenschappen van het neergesmolten metaal en van de laschverbinding. Zoo kan bijv. verlangd worden, dat de trekvastheid van het neergesmolten materiaal minstens 42 kg/mm² bedraagt, zijn rek minstens 25% en

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zijn kerfslagvastheid (of kerftaaiheid) meer dan 8 kgm/cm². De rek stelt ons in staat de vervormbaarheid van het metaal te beoordeelen, terwijl uit zijn kerfslagvastheid zijn taaiheid volgt. Men is van meening, dat de vastheid en de vervormbaarheid belangrijke eigenschappen van het metaal zijn en dat zijn kwaliteit evenredig met deze karakteristieke eigenschappen toeneemt.

Het spreekt vanzelf, dat het bestek de minimale waarden moet bevatten van al deze mechanische grootheden. Het is echter wat vreemd, dat voor de trekvastheid van het neergesmolten materiaal vaak ook een bovenste grens wordt opgegeven. Hierover zou men zich niet behoeven te bekommeren, indien men slechts een voldoend hooge grens voor de vastheid verlangde, maar vaak komt het voor, dat het bestek een zóó lage, bovenste grens voor de vastheid van het neergesmolten metaal vermeldt, dat goede laschstaven er niet aan blijken te voldoen. De vraag is dus, waarom de vastheid bijv. 47 kg/mm² eigenlijk niet zou mogen overschrijden en 50 kg/mm² bedragen? Voor een juist begrip van de oorzaak, dat bestekken vaak een dergelijke, absurd schijnende eisch bevatten, diene het volgende.

Verband tusschen trekvastheid en andere mechanische eigenschappen

Voor de beoordeeling van de kwaliteit van ijzer en staal is de trekvastheid altijd de belangrijkste eigenschap geweest. Zij vormde de grondslag voor de classificatie der staalsoorten en op grond hiervan maakte de constructeur steeds zijn berekeningen. Aangezien de vastheid een zoo belangrijke eigenschap van het metaal is, is het begrijpelijk, dat men trachtte haar met andere eigenschappen van het materiaal in verband te brengen, in de eerste plaats wel met de hardheid, dwz. met de weerstand, die een kogel of een diamanten punt bij indrukken ondervindt. Hoe harder het materiaal is, des te grooter is ook zijn trekvastheid. Het is algemeen bekend, dat de trekvastheid en de hardheid van een metaal gelijkelijk met de samenstelling veranderen.

In de tweede plaats brengt men de trekvastheid in verband met de rek bij breuk, dwz. met de graad, waartoe het metaal kan worden vervormd,

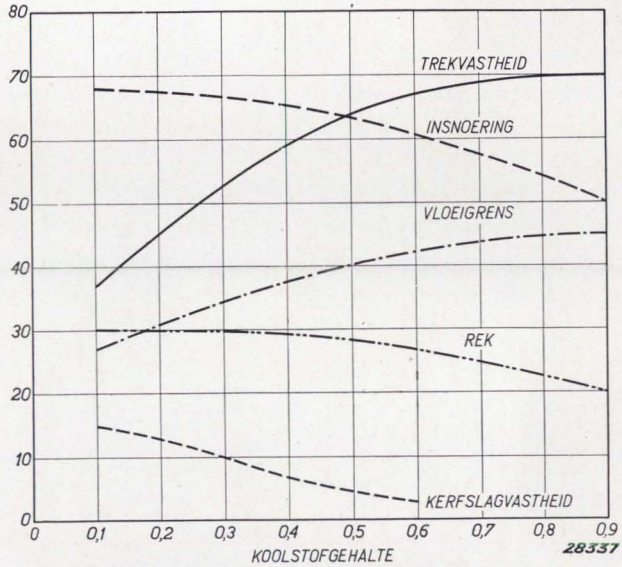


Fig. 1. In afhankelijkheid van het koolstofpercentage zijn uitgezet: de trekvastheid in kg/mm², de insnoering bij breuk in %, de vloeigrens in kg/mm², de rek bij breuk in % en de kerfslagvastheid of kerftaaiheid in kgm/cm².

Tabel I

Mechanische eigenschappen en chemische samenstelling van eenige moderne soorten staal.

Soort staal		R.D.S. staal	Cor-ten staal	Cr-Va staal	Cromansil staal	Twee voorbeelden van St 54	
Trekvastheid (kg/mm²)		57,4	45-52	56-63	56-63	55,5-59,5	53,8-56,5
Vloeigrens (kg/mm²)		47,5	35-42	42-49	38-42	36,8-40,3	37,4-39,8
Rek (%)		33	22-27	25-35	20-28	24,5-30,0	20,9-27,3
Insnoering (%)		54	40-55	50-55	50-62	—	—
Percentage	C	0,095	0,10	0,10-0,20	0,12-0,20	0,18	0,19-0,21
	Mn	—	0,10-0,30	0,30-0,60	1,1-1,4	0,60	0,74-0,76
	Si	—	0,5-1,0	0,20-0,30	0,4-0,6	0,12	0,04-0,07
	Cr	—	0,5-1,5	0,80-1,10	0,7-0,8	0,62	0,23-0,28
	Cu	1,44	0,3-0,5	—	—	0,60	0,42-0,43
	Ni	0,75	—	—	—	—	—
	Mo	0,70	—	—	—	—	—
	Va	—	—	0,15-0,20	—	—	—
	P	0,04	0,1-0,2	0,04	—	0,04	0,06
	S	0,04	—	0,045	—	0,03	0,02

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Tabel II

Mechanische eigenschappen en chemische samenstelling van neergesmolten laschmateriaal.

Neergesmolten materiaal		Laschstaaf „A"			Laschstaaf „B"			
		1	2	3	1	2	3	4
Trekvastheid (kg/mm²)		46,8	47,6	52,1	48,2	48,4	51,3	52,3
Vloeigrens (kg/mm²)		37	37	42	38	38	40	39,5
Rek (%)		26	27	26	22	26	29	28
Insnoering (%)		42	44	42	45	51	55	52
Percentage	C	0,088	0,070	0,068	0,046	0,043	0,052	0,070
	Mn	0,44	0,47	0,48	0,40	0,41	0,48	0,44
	Si	0,14	0,13	0,21	0,08	0,09	0,13	0,15
	P	—	—	—	0,022	0,021	0,022	0,014
	S	—	—	—	0,016	0,022	0,016	0,019
	N	0,024	0,029	0,036	0,021	0,020	0,072	0,068

tot het breekt. In de derde plaats met de kerfslagvastheid, die de taaiheid van het metaal aangeeft ten opzichte van wisselende belastingen. Bij toenemende trekvastheid nemen rek en taaiheid gewoonlijk af. In de vierde plaats wordt de trekvastheid van het metaal in verband gebracht met zijn bewerkbaarheid, die afneemt bij toenemen van trekvastheid en hardheid. Slechtere bewerkbaarheid komt, zooals bekend is, bijv. tot uiting, doordat de snijsnelheid lager moet worden gekozen.

Tusschen al deze eigenschappen bestaat inzooverre een verband, als zij allen afhangen van het gehalte aan koolstof, dat het belangrijkste aan het ijzer toegevoegde bestanddeel van het staal is. Hoe grooter het koolstofgehalte is, des te grooter is de trekvastheid en des te kleiner de rek en de taaiheid. Dit is te zien in *fig. 1*, die betrekking heeft op uitgegloeid koolstofstaal met een gehalte van 0,15 - 0,35% aan silicium en van 0,50 - 0,70% aan mangaan [1]).

Hardt men staal, dan verkrijgt men een hardingsstructuur, dus een martensiet-, troostiet- of sorbietstructuur, afhankelijk van de snelheid van afkoelen. Martensiet is erg hard en bros, terwijl perliet, dat men door ontlaten kan verkrijgen, minder hard is en taaier. Bij lasschen wordt het metaal aan beide zijden van de lasch verwarmd tot meer of minder hooge temperatuur en vervolgens betrekkelijk snel afgekoeld.

Als men lascht met staal dat een hoog gehalte aan koolstof bezit, dan moet men harde en brosse zônes verwachten. Ten einde zulke ongewenschte structuren te vermijden, moet de snelheid van afkoelen van werkstuk en lasch verkleind worden, hetgeen in de practijk door vóórverwarming bereikt wordt. Koolstof is in verband met deze bemoeilijking van het werken zoowel in het werkstuk als in de lasch, een ongunstig bestanddeel.

De moderne staalbedrijven zorgen er voor vooral laschbare staalsoorten te ontwikkelen en te

[1]) E. Houdremont, Einführung in die Sonderstahlkunde, Springer 1935.

Tabel III

Mechanische eigenschappen en chemische samenstelling van het neergesmolten materiaal van verschillende typen laschstaven.

Type Laschstaaf		PH 38	PH 40	PH 46	PH 48	PH 50
Trekvastheid (kg/mm²)		38-42	38-42	40-46	48-52	48-52
Rek (%)		10-13	18-22	22-26	24-28	28-32
Kerfslagvastheid (kgm/cm²)		—	4-6	6-8	11-14	10-13
Buighoek (°)		—	60	90	180	180
Percentage	C	0,015	0,03	0,04	0,07	0,07
	Mn	0,07	0,02	—	0,50	0,40
	Si	—	0,01	—	0,15	0,10
	P	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02
	S	0,04	0,04	0,04	0,02	0,02

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dien einde beperken zij het gehalte aan koolstof tot bijv. 0,20%. Zelfs is het tegenwoordig mogelijk staalsoorten van hooge vastheid te verkrijgen, waarvan het koolstofgehalte gering is. Dit ziet men aan de staalsoorten 52 en 54, die een trekvastheid van meer dan 52 resp. 54 kg/mm² vertoonen. In Amerika bezigt men steeds meer het staal 60. Deze soorten staal zijn allen ontwikkeld op grondslag van een laag gehalte aan koolstof, zoodat de hooge trekvastheid wordt verkregen door andere elementen toe te voegen, zooals chroom, silicium, koper, nikkel, mangaan, vanadium, enz.

In *tabel I* zijn eenige voorbeelden opgenomen van moderne staalsoorten, die niet meer dan 0,2% koolstof bevatten. Vele van deze soorten staal vertoonen een opmerkelijk groote vervormbaarheid en taaiheid.

Evenals de staalfabrikant dient ook de fabrikant van laschstaven te zorgen voor een laag gehalte aan koolstof van het neergesmolten metaal. Meestal bevat dit dan ook niet meer dan 0,1% koolstof, zooals is te zien in *tabel II*. Deze bevat nl. eenige experimenteele resultaten van in dit laboratorium verrichte trekproeven aan trekstaven van neergesmolten metaal benevens hun chemische samenstelling, het gehalte aan stikstof inbegrepen. In deze tabel is te zien, dat trekvastheden van 47 tot 52 kg/mm² bereikt kunnen worden met staalsoorten met minder dan 0,09% koolstof. Bij de hoogste trekvastheid is het koolstofgehalte zelfs minder dan 0,07%. Men ziet bovendien, dat een kleine rek bij breuk niet behoeft samen te gaan met een hooge vastheid.

In *tabel III* zijn eenige mechanische eigenschappen en de chemische samenstelling van het neergesmolten materiaal van eenige typen laschstaven tezamen gebracht. Laschstaven met dunne bekleeding (type PH 38 en PH 40), met dikke bekleeding (type PH 46 en PH 50) en ook laschstaven met organische bestanddeelen in de bekleeding (type PH 48) zijn opgenomen. Men ziet, dat in het algemeen bij de beschouwde laschstaven dié, met een groote vastheid ook in andere opzichten de beste mechanische eigenschappen bezitten, nl. de grootste rek, taaiheid en buighoek. In ieder geval blijkt de regel, dat een hard metaal tevens bros zou zijn, hier in het geheel niet uit te komen. Dit geldt wèl voor gegloeid of gewalst koolstofstaal, maar niet voor het neergesmolten metaal, waarvan in dit verband sprake is.

Voor koolstofstalen bestaat er weliswaar een meer of minder vast verband tusschen de verschillende mechanische eigenschappen, maar daarom behoeft men toch de trekvastheid nog niet te gebruiken als maatstaf voor alle andere mechanische eigenschappen en zeker niet bij het neergesmolten laschmateriaal, waar er in het geheel geen verband schijnt te bestaan tusschen de verschillende mechanische eigenschappen, zoodat deze ook niet uit de waarde van de trekvastheid kunnen worden afgeleid.

Wenscht men een groote vervormbaarheid of een bepaalde taaiheid, dan moet men de dáárvoor verlangde waarde zelf in het bestek vastleggen!

Wat de bewerkbaarheid betreft van gewone, of zwak gelegeerde soorten staal, deze hangt in de eerste plaats af van de hardheid en in de tweede plaats van de chemische samenstelling en de metallografische structuur. Het spreekt vanzelf, dat de bewerkbaarheid afneemt met toenemende hardheid, maar voor hardheden, die voor ons van belang zijn, is de afname van de snijsnelheid niet van beteekenis. Dit volgt uit *fig. 2* [2]).

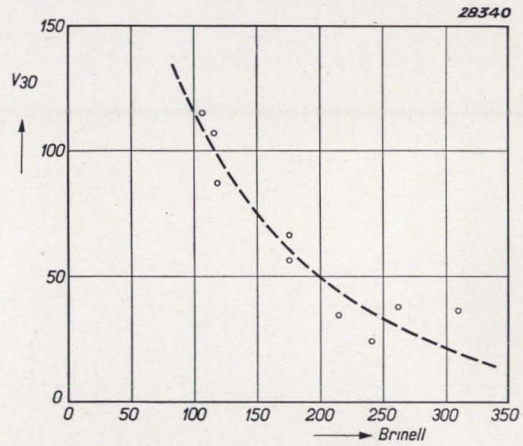


Fig. 2. De snijsnelheid v_{30} in m/min bij een standtijd van 30 min in afhankelijkheid van de hardheid in eenheden van Brinell bij een diameter van 10 mm van de proefkogel, een belasting van 3000 kg en een belastingstijd van 30 s.

De grens van de vijlbaarheid van het metaal is zoo hoog, dat de verschillen in hardheid, waarmee wij hier te maken hebben, te verwaarloozen zijn.

Als conclusie kunnen wij vaststellen, dat men zeer voorzichtig moet zijn om inzichten, gewonnen uit onderzoekingen aan gewalst koolstofstaal, ook juist te achten met betrekking tot neergesmolten laschmateriaal. Schrijft men een lage, bovenste grens der trekvastheid van het neergesmolten laschmateriaal voor, dan kan dit tegenwoordig slechts tot gevolg hebben, dat er gewerkt wordt met laschstaven van een mindere kwaliteit, dan het geval zou zijn, indien men deze verouderde eisch niet in het bestek had opgenomen.

[2]) J. R. J. van Dongen en J. G. C. Stegwee, Metaalbewerking **3**, 49, 1936; vgl. ook: P. Clausing, Philips techn. T. **1**, 183, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Aard van het neergesmolten metaal

Wij willen nu nog eens nagaan, in welke opzichten het neergesmolten metaal eigenlijk verschilt van gewalst metaal en zullen daarbij speciaal de hardheid beschouwen. Wij hebben te maken met een metaal, dat bestaat uit ferriet of α-ijzer en cementiet of ijzer-carbide. De hardheid van het metaal hangt af van die zijner componenten. Nu wordt de hardheid van ferriet sterk beïnvloed door de verontreinigingen, die in het α-ijzer zijn opgelost.

Silicium en fosfor lossen er volledig in op. Voor gassen, zooals stikstof en zuurstof, is de oplosbaarheid wel niet zeer groot, maar zij speelt niettemin een belangrijke rol. Vaste oplossingen vertoonen in het algemeen een grootere hardheid, maar de gegevens hieromtrent zijn schaarsch. Voor ieder honderdste % stikstof stijgt de hardheid bijv. met $2^1/_2$ à $4^1/_2$ eenheden van Brinell. In het algemeen is het stikstofgehalte lager dan 0,07%.

Voor zuurstof is de zaak niet zoo eenvoudig. De oplosbaarheid in α-ijzer is zeer klein. Het gehalte aan zuurstof kan bij het neergesmolten materiaal nog al eens vrij hoog zijn, bijv. 0,1%. Zuurstof, die aan silicium of aluminium is gebonden in de vorm van SiO_2 en Al_2O_3, heeft geen invloed op de mechanische eigenschappen. Zuurstof, die in α-ijzer is opgelost, verhoogt echter de hardheid daarvan, terwijl de rest van de zuurstof zich verbindt met het ijzer en het mangaan onder vorming van FeO en MnO, waardoor de hardheid van het metaal verminderd wordt.

Zooals uit onderstaand lijstje blijkt, bevat het neergesmolten laschmateriaal meer stikstof dan het gewalste metaal, nl.:

Siemens-Martin-staal: 0,001 - 0,01%,
Thomas-staal : 0,01 - 0,03% en
Neergesmolten metaal : 0,01 - 0,07%.

Dit is één der oorzaken van zijn hardheid.

Een tweede oorzaak is de fijnkorrelige structuur van het neergesmolten laschmateriaal bij een lasch, die uit meerdere lagen bestaat. Uit de onderzoekingen aan gewalste soorten staal volgt, dat een fijnkorrelige structuur een grootere hardheid levert, hetgeen ook volgt uit het gedrag van perliet in dit opzicht. Volgens Belajev is de hardheid 200 eenheden van Brinell voor een onderlinge afstand der lamellen van 0,4 μ, terwijl zij bij 0,26 μ toeneemt tot 300.

Verder treedt bij het lasschen ook nog een geringe harding van het neergesmolten materiaal op, die teniet kan worden gedaan door het gelaschte werkstuk uit te gloeien (verg. *tabel IV*). Dit harden kan veroorzaakt zijn door een begin van neerslag (zg. pre-precipitatie) van verbindingen van koolstof, stikstof en zuurstof. Ook is het mogelijk, dat er martensiet wordt gevormd. Tenslotte kunnen er nog wel onbekende oorzaken bestaan van het harden van het neergesmolten metaal.

Tabel IV

Invloed van gloeien en harden op de mechanische eigenschappen van het neergesmolten metaal; *a*) absolute cijfers, *b*) verhoudingscijfers.

Type laschstaaf	Warmte-behandeling	Trekvastheid (kg/mm²)		Vloeigrens (kg/mm²)		Rek (%) $l = 5d$		Insnoering (%)	
		a	b	a	b	a	b	a	b
PH 50	normaal gegloeid	44,6	100	33,5	100	32,5	100	66	100
PH 50	onbehandeld	48,7	109	39,5	118	29	89	55	83
PH 50	gehard *)	62,0	134	45,0	134	23	71	45	68
PH 48	normaal gegloeid	47,4	100	34,8	100	32	100	68	100
PH 48	onbehandeld	50,5	107	37,8	109	25	79	43	64
PH 48	gehard *)	63,0	133	41,4	119	19	60	36	53

*) gegloeid op 920 °C en afgeschrikt in water.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHTEN VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1292: A. A. Kruithof and F. M. Penning: Contribution of the photoelectric effect to the sparking mechanism in the noble gases at high pressures (Physica **5**, 203 - 204, Mrt. 1938).

De verhouding van het aantal door electronen in een zuiver gas veroorzaakte aanslagen tot het aantal der ionisaties neemt sterk toe, wanneer het quotiënt van de electrische veldsterkte en de dichtheid afneemt. Bij waarden van het genoemde quotiënt, die belangrijk lager zijn dan die van de minimale doorslagspanning, werd voor verschillende edelgassen een toename van het aantal per positief ion uit de kathode vrijgemaakte electronen gevonden. Deze toename wordt begrijpelijk, als bij het doorslagmechanisme met het vrijmaken van electronen uit de kathode door straling rekening wordt gehouden.

1293: J. L. H. Jonker and A. J. W. M. van Overbeek: The application of secondary emission in amplifying valves (Wirel. Eng. **15**, 150 - 156, Mrt. 1938).

In dit artikel is het gebruiken van secundaire emissie voor de versterking in radiolampen uitvoerig behandeld. In kortere vorm geschiedde dit ook reeds in de Mei-aflevering van dit tijdschrift: Philips techn. T. **3**, 137, 1938.

1294*: H. Bruining: Over de emissie van secundaire electronen door vaste stoffen (diss. Leiden, April 1938, 119 p.)

In de Maart-aflevering van dit tijdschrift (Philips techn. T. **3**, 80, 1938) is door den schrijver een artikel over dit onderwerp bijgedragen.

1295: C. J. Dippel und J. H. de Boer: Interlamellare Quellung von vakuumsublimierten CaF_2-Schichten durch adsorbiertes Caesium (Rec. Trav. chim. Pays Bas **57**, 277 - 290, Mrt. 1938).

De verhouding wordt bepaald van caesium- en jodiummoleculen, geadsorbeerd aan lagen CaF_2, die in vacuum zijn gesublimeerd en vervolgens gesinterd. Zulke gesinterde lagen hebben minder capillaire en interlamellaire ruimten, hetgeen blijkt uit het feit, dat de adsorptie van jodium veel minder is dan op niet gesinterde, gesublimeerde lagen. Caesium wordt echter op beide in dezelfde mate geadsorbeerd en deze adsorptie wordt pas minder als het oppervlak meerdere uren op 450 °C is verhit. Het verschil in gedrag van het adsorbeerende oppervlak ten opzichte van jodium en caesium blijkt niet te verklaren als een vergiftiging door adsorptie van watermoleculen. Aangetoond wordt, dat een gesinterd oppervlak, waaraan men tijdelijk caesium heeft geadsorbeerd, na het verwijderen van dit caesium evenveel jodium adsorbeert als vóór het sinteren. Het caesium is dus in staat, door een interlamellaire zwelling, het oppervlak weer op zijn oorspronkelijke grootte te brengen, zonder dat hierbij de kristalafmetingen worden verkleind.

1296: J. E. de Graaf: De diagnose van giettechnische fouten met behulp van röntgenstralen (Gieterij **12**, 31 - 35, Mrt. 1938).

Na een inleiding over het röntgenonderzoek van macrostructuren (vgl. Philips techn. T. **2**, 315, 1937) wordt de diagnose van giettechnische fouten besproken (vgl. Philips techn. T. **2**, 377, 1937). Speciale aandacht wordt besteed aan de hoofdfouten, waarvan karakteristieke vormen worden behandeld.

1297: J. L. Snoek: Kristallorientierung und interkristalline Korrosion (Z. Metallk. **30**, 94, Mrt. 1938).

De grens tusschen twee kristallen van nikkelijzer met bijna dezelfde oriënteering oxydeert minder gemakkelijk, dan het geval is bij grootere verschillen in oriënteering. Er wordt gewezen op de beteekenis van dit verschijnsel in verband met interkristallijne corrosie.

1298: K. F. Niessen: Über das Feld einer vertikalen Halbwellenantenne in beliebiger Höhe oberhalb einer ebenen Erde beliebiger Konstanten (Ann. Physik **31**, 522 - 539, Mrt. 1938).

De vector van Hertz wordt berekend voor een verticale antenne van een halve golflengte, die zich bevindt boven een vlakke aarde met willekeurige diëlectrische constante en geleidbaarheid. Dit gegeschiedt met zoodanige graad van benadering, dat het geoorloofd is de formule te gebruiken op veel kleinere afstand van de zender, dan waarop de reflectieformule voor het geval van een dipoolstraling geldt. De methode is even goed te gebruiken voor een antenne van geheel andere lengte.

*) Van publicaties, gemerkt met een *, is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!